United States
Department of
Agriculture

Forest Service

**International Institute
of Tropical Forestry**

# ANNUAL LETTER
# 1993-94

**International Institute of Tropical Forestry**
**PO Box 25000**
**Río Piedras, PR 00928-5000**

Dear Friends:

It is with great pleasure that we make available our Annual Letter for fiscal year 1993-1994. We continue to experiment with our presentation of the Institute's progress. In this Annual Letter we highlight all of our major programs including research, international forestry, and state and private forestry. We also include highlights of the Caribbean National Forest, our sister unit within the USDA Forest Service as well as a long-term collaborator of the Institute. As usual, we include excerpts of specific research programs, the Institute's activities, the year's publication output, a list of cooperative agreements, and a travel summary.

We hope this information will be useful to you, and we ask that you share with us the progress of the research and forestry programs of your home institution. In these times when the importance of forestry activities is apparent to the governments of tropical countries, it is imperative that the practitioners of tropical forestry maintain close communication regarding progress in the field. We look forward to hearing your comments and learning about your contributions to the progress of tropical forestry.

Sincerely,

ARIEL E. LUGO
Director

**Instituto Internacional de Dasonomía Tropical**
**PO Box 25000**
**Río Piedras, PR 00928-5000**

Queridos Amigos:

Es con gran placer que les hacemos llegar nuestra Carta Anual para el año fiscal 1993-1994. Continuamos ensayando con nuestra presentación del progreso del Instituto. En esta carta anual destacamos todos nuestros programas principales incluyendo la investigación, la silvicultura internacional, y la silvicultura estatal y privada. También incluímos puntos sobresalientes del Bosque Nacional del Caribe, no sólo una unidad hermana dentro del Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica (USDA, sus siglas en inglés) sino también un colaborador a largo plazo del Instituto. Como siempre, incluímos extractos de programas de investigación específicos, las actividades del Instituto, la producción de este año en término de publicaciones, un listado de los acuerdos cooperativos y un resumen de viajes.

Esperamos que esta información les sea útil, y les pedimos que compartan con nosotros el progreso de los programas de investigación y silvicultura de sus instituciones. En estos tiempos, donde la importancia de las actividades forestales se hace patente a los gobiernos de países tropicales, urge que los practicantes de la dasonomía tropical mantengan una comunicación estrecha en cuanto al progreso en el campo se refiere. Esperamos recibir sus comentarios y aprender sobre sus contribuciones al progreso de la dasonomía tropical.

Cordialmente,

ARIEL E. LUGO
Director

# INTERNATIONAL INSTITUTE OF TROPICAL FORESTRY ANNUAL LETTER

1993-94

Contents


Page

## IITF HIGHLIGHTS

Research Information 1

International Cooperation 3

State and Private Forestry 5

Caribbean National Forest 6

## RESEARCH UPDATES

**Forests Products Laboratory** 7
*D.J. Lodge*

**Plantations, Silviculture, and Silvics** 8
John K. Francis

**Forestry Research, Management, and Technology Transfer** 9
*Peter L. Weaver*

**Non-Timber Forest Product Research: A Survey of Indian Medicinal Forest Wealth** 12
*John A. Parrotta*

**Ecological Research** 13
*Ariel E. Lugo*

**Watershed Research** 20
*Fred N. Scatena*

**Production and Consumption of Atmospheric Carbon Monoxide from Pastures and Forests in Northeast Puerto Rico** 23
*Michael Keller and Matt Tarr*

**Genetic Diversity Within and Among *Dacryodes excelsa* Tree Unions** 24
*Migdalia Álvarez, Jim L. Hamrick, Ariel E. Lugo, and Fred N. Scatena*

**Genetic Variability Among *Pterocarpus officinalis* Jacq. Populations in Northeastern Puerto Rico** 26
*Migdalia Álvarez, Jim L. Hamrick and Fred N. Scatena*

| | Page |
|---|---|
| **Montane Vegetation in the Tropics: Controls on the Development, Structure, and Function of Cloud Forest Ecosystems**<br>*Whendee L. Silver* | 28 |
| **The Scientific Survey of Puerto Rico and the Virgin Islands: 80th Anniversary Commemorative Symposium and Publication**<br>*Julio C. Figueroa Colón* | 30 |
| **Other Ecological Studies**<br>*Carlos D. Rodríguez Pedraza* | 31 |
| **Wildlife Research**<br>*Joseph M. Wunderle, Jr.* | 34 |
| **Wildlife Research**<br>*Robert A. Askins and David N. Ewert* | 36 |
| **Other Activities**<br>*Carlos M. Domínguez Cristóbal* | 41 |
| **RECENT PUBLICATIONS IITF** | |
| Table 1. IITF Cooperative Agreements | 42 |
| Table 2. IITF Activity Highlights | 44 |
| Table 3. IITF Travel Summary | 48 |
| Appendix (Recent Publications of the International Institute of Tropical Forestry) | 51 |

# CARTA ANUAL DEL INSTITUTO INTERNACIONAL DE DASONOMÍA TROPICAL

1993-94
Contenido


Página

## PUNTOS SOBRESALIENTES IIDT

Investigación 68

Cooperación Internacional 70

Dasonomía Estatal y Privada 73

Bosque Nacional del Caribe 74

## INVESTIGACIÓN

**Laboratorio de productos forestales** 76
*D.J. Lodge*

**Plantaciones, dasonomía, y silvicultura** 77
*John K. Francis*

**Investigación forestal, manejo y transferencia de tecnología** 78
*Peter L. Weaver*

**Investigación de productos forestales no-madereros: un inventario de la riqueza medicinal forestal en la India** 81
*John A. Parrotta*

**Investigación ecológica** 82
*Ariel E. Lugo*

**Investigación de cuencas** 88
*Fred N. Scatena*

**Producción y consumo de monóxido de carbono atmosférico de praderas y bosques en el noreste de Puerto Rico** 91
*Michael Keller y Matt Tarr*

**Diversidad genética en y entre uniones de árboles *Dacryodes excelsa*** 92
*Migdalia Álvarez, Jim L. Hamrick, Ariel E. Lugo y Fred N. Scatena*

**Variabilidad genética entre poblaciones de *Pterocarpus officinalis* Jacq. en el noreste de Puerto Rico** 94
*Migdalia Álvarez, Jim L. Hamrick y Fred N. Scatena*

Página

**Vegetación montana en los trópicos: control del desarrollo, la estructura y función de los ecosistemas de los bosques nublados** 96
*Whendee L. Silver*

**El inventario científico de Puerto Rico y las Islas Vírgenes: simposio y publicación conmemorativa del octagésimo aniversario** 98
*Julio C. Figueroa Colón*

**Otros estudios ecológicos** 99
*Carlos D. Rodríguez Pedraza*

**Investigación de vida silvestre** 102
*Joseph M. Wunderle, Jr.*

**Investigación de vida silvestre** 104
*Robert A. Askins y David N. Ewert*

**Otras actividades** 107
*Carlos M. Domínguez Cristóbal*

Apéndice (Publicaciones del Instituto Internacional de Dasonomía Tropical) 51

## RESEARCH INFORMATION

Four scientific problems currently guide the Research program of the International Institute of Tropical Forestry (IITF). The following is a summary of activities in each of these problem areas during fiscal year 1994.

1. Insufficient knowledge to effectively manage forests following disturbance in the tropics.

Summary of Activities:

Silvics manuscripts were published for 14 species of trees important to Puerto Rico and the region. Work is underway on translation of silvics monographs into Spanish. A study relating damage sustained by open-grown trees in the Caribbean to maximum gust speeds during Hurricane Hugo of 1989, and a research note reporting the weights and germination characteristics of 119 species of Puerto Rican trees and shrubs were published. Work began on field guides to the trees of the Brazilian Amazon and on the medicinal flora of Central India.

A cooperative project with the Conservation Trust of Puerto Rico was initiated with an inventory of plants in the San Cristóbal Canyon, in the island's interior. Recorded were 670 plant species including several rare plants and one species not previously known in Puerto Rico. An assessment of the vegetation of Las Cabezas de San Juan, a natural area under the auspices of the Conservation Trust of Puerto Rico, was also initiated. Line plantings were conducted in the Dominican Republic, Grenada, and Venezuela. Research on degraded tropical lands focused on productivity and nutrient cycling in single - and mixed-species plantations in Puerto Rico, reforestation of bauxite-mined lands in the Brazilian Amazon, and the role of plantations as catalysts for forest succession on sites where natural regeneration is precluded by severe natural and anthropogenic stresses.

2. Improve knowledge to understand dynamics affecting characteristics of tropical watersheds.

Cooperative studies were continued on the roles of tropical forests and land-use change in global change. Analytical capabilities for measuring water quality and trace gas constitutes began operation at the IITF laboratory. Three papers were published regarding the mechanisms controlling $NO_2$ and NO emissions from tropical forests and derived pastures across a range of tropical environments. Site selection and equipment testing are in progress for similar work in Puerto Rico and Brazil. Data on trace gas emissions from soils are being collected at a range of agricultural sites in lowland Costa Rica. A survey of epiphytical organisms along elevational gradients across Baño de Oro Research Natural Area in the Luquillo Experimental Forest (LEF), and a preliminary soil analysis on the role of earthworms were completed. A classification of riparian zones was developed and is currently being tested. Permits and site selection were completed for a study of the role and functions of forest composition.

3. Identification of endangered tropical wildlife and habitat of migrant birds of the Caribbean.

A new study plan was completed on the movements, activity range, and habitat use of the endangered Puerto Rican Boa. Long-term monitoring was continued on populations of the Pearly-eyed Thrasher (a nest site competitor of the endangered Puerto Rican Parrot) in the Luquillo Experimental Forest and on populations of resident and neotropical migrants in the Guánica Dry Forest. A short term study (year 2 of 3.5 years) obtained information on survival and annual return rates of neotropical migrants in coffee plantations in the Dominican Republic. Collaborative studies were continued on the effect of food supply on neotropical migrant and resident birds in the LEF.

4. Quantification of the economic and social values of American Tropical Forests.

Work began on development of the Walling's Reservoir Nature Trail in Antigua as

well as on reforestation of three government estates in Montserrat. In Grenada, cooperative work was initiated with the Forestry Department of Grenada, the US Peace Corps, and the IITF. So far, two long-term demonstration plots have been established in Grenada's thicket and lower montane rain forest at Grand Etang. Construction also began on the "Morne Delice Nature Trail" (a scenic Trail of Morne Delice) with its accompanying interpretative signs.

## INTERNATIONAL COOPERATION

The role of the International Cooperation unit of International Institute of Tropical Forestry (IITF) is:

To exchange knowledge critical to sustainability of tropical ecosystems and their contribution to humankind through activities that include demonstrations, training, science exchange, and technology transfer.

In May 1994, the International Cooperation Group completed its Program Statement, which identifies the group's mission and working relationships. Several workshops were held including a short Forest Administration course at Guánica, Puerto Rico, for 35 people representing seven countries of Central America and Puerto Rico. We also sponsored the seventh Caribbean Foresters meeting in Jamaica. The theme of the meeting was "Economics in Forestry," and its 54 participants represented 16 countries.

In cooperation with Caribbean National Forest personnel, we provided technical assistance to the government of St. Lucia on canopy access and parrot monitoring. Technical assistance was also provided to Plan Piloto in Quintana Roo, Mexico, for forest inventory.

International Forest Visitors:

In cooperation with the Caribbean National Forest, IITF hosted a month-long internship for the forest supervisor of the Tapajós National Forest in Brazil. We arranged for the visit of six Brazilian forest supervisors to visit the national headquarters as well as the Allegheny and Ouachita National Forests, to share insights into policy and organizational issues of mutual concern.

In conjunction with IITF Research, six foresters from India visited for 2 weeks to discuss tropical mountain ecology and secondary forest management, including relationships with the Puerto Rico Department of Natural Resources and with NGO's.

IITF members participated as part of the official US delegation on the Brazil Environmental Mission, which considered a number of issues including forestry and mining. Policy development advice was provided to Instituto de Desarrollo de los Recursos Naturales Renovables (INDERENA) in Colombia.

Technical advice was provided to USAID projects in the Caribbean and Latin America as follows:

Jamaica

Protected Area Conservation (PARCI)

Purpose: To further the initiatives of the PARCI project (terminated in 1993) in establishing new national parks and in strengthening the two national parks already established by PARCI— the Blue and John Crow Mountains National Park (BJCMNP), and the Montego Bay National Park. The efforts in BJCMNP link closely with the U.S. Department of Agriculture, Forest Service sister forest relationship between the national forests of North Carolina and the Cherokee National Forest, such as: organizing fire training for forest guards, reviewing the draft Land Management Plan for the park, and assisting with recreation planning.

Dominican Republic

Music Conservatory Park

Technical assistance in termite control was provided to a volunteer steering committee of this city park in Santo Domingo.

Archaeological Parks

Assisted the Non Governmental Organization (NGO) PRONATURA with development of a work plan for the areas of La Vega and La Isabela, designated as archeological parks under joint agreement with the Government of the Dominican Republic and the University of Florida.

Parks in Peril

Provided technical review of two parks funded under this project. Provided technical support to PRONATURA, the non governmental organization in charge of coordinating the funding and management of the parks.

Honduras

Forestry Development Project

Assisted in a technical review and evaluation of the competitive bidding system for timber sales on public lands administered by the national forestry agency Corporación Hondureña de Desarrollo Forestal (COHDEFOR).

Other projects:

Served as "shepherds" to six sister-forest relationships in Belize, Guatemala, Panamá, Costa Rica, Jamaica, and Bolivia, Forestry, as well as the development of draft focus country plans for Brazil and México.

Initiated discussions with the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), and University of the West Indies regarding collaborative arrangements to strengthen the training of forestry technicians on a regional scale.

Provided editorial expertise, funding, free distribution, and translation into French in support of the International Society of Tropical Foresters Newsletter.

Participated as an invited attendee of a Center for International Forestry Research (CIFOR) workshop on long-term plot studies in tropical forests (Bogor).

Developed theory and led forest-based test of secondary forest liberation during a World Wildlife Fund workshop for Latin American students on tropical forest management in Costa Rica.

Continued established relationships with cooperators in the region including the FAO, Peace Corps, World Wildlife Fund, and the like.

**Cooperative projects**

CANARI - IITF and Caribbean Natural Resources Institute (CANARI) have cooperative projects on the islands of St. Lucia and Dominica. The general objective of these projects is to increase community involvement in forestry decisions promoting sustainable development. In Dominica, the work is with the Cottage Forest Industry Group and the Carib Community.

Island Resources Foundation - IITF and the Island Resources Foundation have a cooperative partnership regarding development of trails for ecotourism and protected area management on the islands of Antigua and Grenada.

PRONATURA - IITF and PRONATURA have a cooperative project to demonstrate line planting technology for reforestation in the Dominican Republic.

RARE Center for Tropical Conservation - IITF is a partner with RARE in the development of charge-for-use trails in the English-Speaking islands, to expand ecotourism and enhance protection of forest resources.

Program for Belize - The USDA Forest Service met with this conservation NGO, the Smithsonian Institution, and the Nature Conservancy to begin deliberations for joint research activities in the Río Bravo Conservation and Management Area. IITF developed a partnership with the College of Wooster to analyze genetic variation and mating systems in Bolivian bigleaf mahogany populations.

IITF also continued work with the Peace Corps and the Grenadian Forestry Department on establishment of one hectare of mahogany line planting; establishment of two demonstration plots in the Grand Etang forest reserve; and development of the 1.5 kilometer Morne Delice Nature Trail, including interpretive signing.

## STATE AND PRIVATE FORESTRY

Thirteen different State and Private Forestry programs are being coordinated by IITF. These include urban and community forestry, rural development, and economic and forestry incentive programs, as well as cooperative fire assistance programs.

The primary state partners implementing these programs at the field level in Puerto Rico and the US Virgin Islands are the Puerto Rico Department of Natural Resources, the Puerto Rico Fire Service, the USVI Department of Economic Development and Agriculture, and the USVI Fire Service. Through grants, agreements, and technical assistance these agencies are given financial and technical support to conduct field activities to meet program goals and objectives.

During fiscal year 1994 the transition of the State and Private Forestry programs from the Forest Service's Southern Region to the International Institute of Tropical Forestry was completed. A coordinator was hired, a historic analysis was conducted of all program and grant activity in Puerto Rico and the USVI, and all partners were briefed. Financial planning guidelines specific to IITF were written, and grants and agreements with the primary state partners were issued.

## CARIBBEAN NATIONAL FOREST

The Caribbean National Forest (CNF) is responsible for management of the natural resources of the Caribbean National Forest/ Luquillo Experimental Forest, which include wildlife, recreation, water, and research uses. International Institute of Tropical Forestry (IITF) scientists and CNF land managers work cooperatively on projects of mutual interest and significance.

In fiscal year 1994 the CNF Wildlife, Fisheries, and Rare Plant (WFRP) Crew worked to improve understanding of the biology of freshwater fauna such as shrimp, fish, and crabs. Analysis of data sampled since 1991, from habitats above and below dams, waterfalls, and cascades within and adjacent to the Forest, indicated that dams and their associated water withdrawals have a definite influence on both species composition and relative abundance. The de-watering of forest streams due to withdrawal is implicated in the lower densities and diversities found below dams. A progressively higher species richness was encountered in streams with no dams, versus streams with one or more dams.

Wildlife Technology Transfer: In September 1994, the WFRP Crew completed a wildlife project in the Lesser Antilles. Biologists from the island of St. Lucia received on-site training in techniques for managing and monitoring their endangered parrot. The objectives of the 3-week project were to impart safety and climbing techniques; bird census methodologies; and the site-selection, construction, use, and maintenance of artificial nest cavities, observation blinds, and tree-top lookout platforms. The skills conveyed will help St. Lucian biologists more closely monitor their parrot, and more effectively assess recovery efforts for this endangered species.

Puerto Rican Parrot Update: Fiscal year 1994 was another successful breeding season for the Puerto Rican parrot. Fourteen parrot chicks were fledged from six nests in the wild. Two of these chicks were fostered into the wild from the Luquillo aviary managed by the US Fish and Wildlife Service. Of the wild nests successfully used this year by the parrots, half were in cavities constructed or improved by the CNF WFRP crew. Post-breeding-season censuses conducted in July and August yielded a minimum population estimate of 42 parrots in the wild, indicating that this population now stands at about 90 percent of the pre-Hurricane Hugo level. Hurricane Hugo slashed the wild population in half in 1989, reducing it to about 23 birds.

The Luquillo aviary produced 7 fledglings, bringing the captive population to 52 birds. A Commonwealth-managed aviary at the Río Abajo Forest houses 10 adults which produced their first crop of 2 fledglings this year, bringing the total number of Puerto Rican parrots in existence to about 106.

Neotropical Migratory Bird (NTMB) Project: The WFRP Crew completed a second year of NTMB efforts by participating in 6 monthly point count censuses, and by determining Global Positioning System locations on a third of the 180 point count/vegetation plots we helped establish last year. The NTMB program has been an ongoing collaborative effort between CNF and IITF; its goal is to gain a better understanding of migrant bird distributions, abundances, and habitat associations.

# FOREST PRODUCTS LABORATORY

*D.J. Lodge*
*Research Botanist*

The Center for Forest Mycology Research (CFMR) is part of the Forest Products Laboratory, which is located in Madison, Wisconsin and also has a unit in Puerto Rico. The unit's mission is to add to and maintain culture collections of identified fungi, primarily wood decomposer basidiomycetes. Pharmaceutical, agrochemical, and other companies obtain cultures from this collection for their screening programs. The types of uses being screened for include drugs, agents for detoxifying organic chemical spills, and biopulping agents. Use of biopulping agents can greatly reduce or eliminate water pollution associated with paper mills. In addition, samples of structural wood in buildings that have decay problems are submitted to the lab for analysis. The fungi cultured from a sample can be identified by comparing its characteristics to others in the collection. Once the identity of the fungus is known, appropriate control measures can be recommended.

An emphasis of the CFMR is aimed at deciphering variation in wood-rotting basidiomycete species complexes. Some members of these complexes are pathogens and cause severe timber losses. Additional projects investigate the positive as well as the negative impacts that fungi have in maintaining healthy, functioning ecosystems. Another program focus is on tropical mycology. The unit stationed in Puerto Rico contributes tropical fungi to the culture collection, and provides information on host-specificity. CFMR is also involved in a complete survey of higher fungi in the Luquillo Mountains of Puerto Rico. An identification guide to the Xylariaceae ("dead man's fingers") and Boliniaceae in Puerto Rico is nearing completion. The Xylariaceae play various roles in the forest ecosystem; this family includes pathogens, wood-rotters, and occupants of healthy plant tissues (endophytes) that may protect trees from herbivores. Our current emphasis is on classifying all of the basidiomycete fungi in Puerto Rico and the Greater Antilles. We continue to be involved in discovering the role of wood-decay fungi in nutrient immobilization resulting from Hurricane Hugo or in debris left from logging operations, and their short- and long-term negative and positive impacts on forest recovery.

## PLANTATIONS, SILVICULTURE, AND SILVICS

*John K. Francis*
*Research Forester*

During the past year, a number of new Silvics manuscripts have been published, bringing the total number of species included in the Tropical Silvics Manual to 73. Twenty additional tropical species are included in the US Silvics Manual and are available for distribution. Collecting material and writing silvical descriptions of important trees of the Caribbean continues. The Tropical Silvics Manual and monographs on the tropical species in that manual are being translated into Spanish and should be published in 2 or 3 years.

A survey of San Cristóbal Canyon was conducted during the past year at the request of the Puerto Rican Conservation Trust. Despite very serious disturbance in the past century, this topographically spectacular tract hosts an incredibly diverse flora. Some 673 native and naturalized exotic plant species were documented, including *Samolus parviflorus*, a tiny native herb that had not previously been reported in Puerto Rico. The canyon is now almost completely covered by secondary forests and is undergoing rapid vegetative recovery.

A simple and inexpensive method of determining the wood density of living trees with soft to very hard wood was recently published (Francis 1994a). The method involves boring a hole in the sample tree with a carpenter's auger while catching the chips produced. The wood density is calculated from the weight of the chips after drying, using the hole volume that is determined from starting depth, ending depth, and the known diameter of the auger bit. The variance of the measured densities is comparable to other wood density methods. The advantage of this method is that it allows sampling of living trees with the entire range of hardness encountered, using equipment well within the budget of foresters even in the developing world.

Communication has often been a major obstacle for users and managers of natural resources. Much important tropical conservation literature originating in Brazil has been ignored because many potential users are unable to read technical Portuguese. To assist scientists, managers, and administrators struggling with the English-Portuguese language gap, a glossary of English-Portuguese equivalents of forestry and conservation terms is now available from International Institute of Tropical Forestry (IITF) (Francis 1994b). The report contains approximately 2,000 forestry andconservation terms and their equivalents listed alphabetically in both languages.

### LITERATURE CITED

Francis, J.K. 1994a. Simple and inexpensive method of extracting wood density samples from tropical hardwoods. Tree Planters Notes 45(1):10-12.

Francis, J.K. 1994b. English-Portuguese equivalents of forestry and conservation terms. General Technical Report SO-109. New Orleans, LA: USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 45 p.

# FORESTRY RESEARCH, MANAGEMENT, AND TECHNOLOGY TRANSFER

*Peter L. Weaver*
*Research Forester*

## SECONDARY FORESTS

About one-third of the area of the Lesser ntilles, which occupies slightly more than 2,000 square kilometers ($km^2$), is forest cov-red. Barbados, at one extreme, has lost virtu-lly all of its forests, whereas Dominica, the ost rugged and heavily forested island, retains early 50 percent of its forest cover. A large pro-ortion of the total area is in secondary forest.

A strategy for the assessment of these sec-ndary forests and their management is out-ined in a proposal by the author (Weaver 993a). Silvicultural alternatives are high-ighted in flow diagrams, and the necessary conditions that serve as guidelines for imple-menting line plantings are listed in a table. Risks, prior obligations and requisites, and a description of the proposed activities are included.

## RESEARCH NATURAL AREA

The 745 ha Baño de Oro Natural Area, established by the US Department of Agricul-ture, Forest Service in 1949, was made part of the Luquillo Experimental Forest Biosphere Reserve in 1976. The Natural Area, situated at elevations between 245 and 1,025 m in the wet-test part of Puerto Rico, encompasses four major forest types that are free from human disturbance. Past and current research in the Natural Area has been summarized to serve as a basis for further investigation (Weaver 1994). The current state of knowledge regard-ing the environment (i.e., geology, physiogra-phy, soils, climate, hydrology, flora, and fauna) has been outlined.

## SILVICS MANUAL

A paper on the life history and distribution of *Tectona grandis*, or teak, one of the most valu-able and best known tropical timber species, was prepared for the Institute's Silvics Manual (Weaver 1993b). Teak is native to southeast Asia but has been widely planted throughout the tropics. Literature on the species is voluminous and spans more than a century.

## INTERNATIONAL COOPERATION PROJECTS

### ANTIGUA

Antigua's Natural Trail project at Walling's Reservoir was initiated in October of 1993. The objectives of the project are to conserve and manage the site's water and wildlife resources by developing its potential for ecotourism and environmental education. Representatives from eight local entities serve on the Advisory Com-mittee. To date, ecosystem (habitat) classifica-tion mapping, vegetation studies, and the preparation of a property ownership map have begun. The project will continue through Sep-tember 30, 1995.

### DOMINICAN REPUBLIC

The line planting project was initiated 2 years ago through the cooperation of PRONATURA, the Peace Corps, and IITF, in the vicinity of Cotui in the Dominican Republic. To date, 6 ha have been planted using the follow-ing species: *Acacia mangium*, *Cedrela mexicana*, *Eucalyptus deglupta*, *Guarea guidonia*, and *Simaruba glauca*. Growth for all species except *Cedrela* ranged between 1.2 and 3 m. *Cedrela* is barely surviving. The reforestation project may be expanded in the coming year.

### GRENADA

Grenada has three ongoing projects involv-ing the Grenadian Forestry Department, the Peace Corps, and the International Institute of Tropical Forestry (IITF). In the first project, slightly more than 1 ha of line-planted ma-hogany has been established at Gran Bras with the following results:

| Height class class (m) | Trees in class (%) | Shoot borer attack (%) |
|---|---|---|
| 0 - 0.9 | 0.4 | 100.0 |
| 1.0 - 1.9 | 24.4 | 28.3 |
| 2.0 - 2.9 | 41.0 | 56.2 |
| 3.0 - 3.9 | 27.1 | 75.9 |
| 4.0 - 4.9 | 5.7 | 92.9 |
| 5.0 - 5.9 | 1.4 | 86.7 |
| Total | 100.0 | 57.0 |

Mean tree height is 2.7 m with 57 percent of the trees attacked by the shoot borer. The tallest tree was 5.8 m. In addition to the site already planted, another area has been designated for planting during the rainy season.

The second project was the establishment of two demonstration plots in the Grand Etang forest reserve: 0.04 ha in montane thicket; and 0.2 ha in lower montane rain forest. All trees have been identified by local name and tagged. All diameters at breast height (d.b.h.) have been measured and only height measurements remain to be taken.

The third project is the Morne Delice Nature Trail in secondary lowland forest in Grenada. To date, a 1.5 km trail has been surveyed and cleared. A sign portfolio for trees and wildlife species has also been completed. Work will continue next year.

### MONTSERRAT

Two projects are underway in Montserrat: reforestation of selected areas on three government estates (Galway's, Broderick, and Hermitage); and development of the Galway's Nature Trail. In the first project, nursery improvements were completed and planting will be initiated on the government estates at the beginning of the rainy season. In the second project, the existing trail is being widened and soil and water conservation measures are being undertaken. Both projects will continue through September 30, 1995.

## STUDY TOUR

### BRAZIL

In cooperation with the USDA Forest Service's Washington Office and the Allegheny and Ouachita National Forests, a study tour was arranged for Brazilian forestry officials of IBAMA/DIREN, the government agency responsible for Brazil's national forests. Five forest supervisors and one representative from the Brasilia Office visited the Washington Office, the Allegheny National Forest in Pennsylvania, and the Ouachita National Forest in Arkansas. The objectives were to learn about National Forest System administration, ecotourism, management and use of forest products, and the relationship of US National Forests with their users. A reciprocal visit, of US National Forest supervisors to the national forests of Brazil, is planned for the coming year.

## SISTER FORESTS

### PANAMÁ

Representatives from the national forests of Texas and the IITF visited Panamá in May 1994 to explore future cooperation through the newly created sister-forest relationship. The purpose of the trip was to become familiar with the Palo Seco Reserve and its surrounding areas and to discuss forest management issues and concerns with local personnel from INRENARE (Instituto de Recursos Naturales Renovables). Based on the trip, an action plan was formulated around the following proposed activities: promote sustainable forest management; promote the economic, social, and cultural well-being of people; assist in the conservation of natural resources; and develop and promote new technologies. Fire prevention and control was identified as the first-priority issue and the team is now seeking ways to implement a fire program in Panamá.

## LITERATURE CITED

Weaver, P.L. 1993a. A proposal for secondary forest management and line planting in the Lesser Antilles. *In:* G. Zepeda and A.E. Lugo, editors. "Towards sustainable forest resource management in the Caribbean." Proceedings of the Sixth Meeting of Caribbean Foresters at Martinique." International Institute of Tropical Forestry, USDA Forest Service, Río Piedras, Puerto Rico, p. 9-22.

Weaver, P.L. 1993b. *Tectona grandis* L.f., Teak. SO-ITF-SM-64. Institute of Tropical Forestry, Southern Forest Experiment Station, Río Piedras, Puerto Rico. 18 p.

Weaver, P.L. 1994. Baño de Oro Natural Area: Luquillo Mountains, Puerto Rico. General Technical Report SO-111. New Orleans, LA: USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 55 p.

# NON-TIMBER FOREST PRODUCT RESEARCH: A SURVEY OF INDIAN MEDICINAL FOREST WEALTH

*John A. Parrotta*
*Research Forester*

The medicinal value of tropical floristic biodiversity, long recognized by traditional societies, has attracted increasing public attention worldwide in recent years. In India, where sophisticated systems of medicine using drugs derived from plants have developed over millennia, there has been a recent resurgence of interest in Ayurvedic and related treatments for which effective and safe allopathic ("Western") drugs have either not yet been developed or have unhealthy side effects. The public and the pharmaceutical industry, particularly in India, are becoming increasingly aware of both the value of Indian medicinal plant resources and the need for greater quality control in the collection (or propagation), processing, and formulation of effective and safe plant-based drugs.

With support from the US Agency for International Development, the IITF initiated a project in 1994 in collaboration with the Tropical Forest Research Institute (Jabalpur, India) to document the medicinal plant resources of the tropical, dry, deciduous forests of central India. Through field surveys conducted over a 3-month period in forest areas of Madhya Pradesh and Maharashtra (where field work was focused on the Melghat Tiger Reserve) and comprehensive review of available literature on regional forest floristics and traditional medicinal plant uses, the project will yield a photo-illustrated field and reference volume describing approximately 800 species of native and naturalized medicinal plant species. The broad aim of this work, whose intended audience will include the general public as well as those involved in various facets of the plant-based drug industry in India and abroad, is to help nonspecialists accurately identify medical plant species in the field. An ancillary aim of the project is to increase public awareness of the need to promote conservation and make wise use of native forests and other floristically rich habitats for their potential as a renewable source of medicinally useful plant products.

# ECOLOGICAL RESEARCH

*Ariel E. Lugo*
*Ecologist*

## GLOBAL CARBON CYCLE

A Geographic Information System (GIS) was used to estimate total biomass and biomass density of the tropical forests in South and Southeast Asia because available data from forest inventories were insufficient to extrapolate biomass-density estimates across the region (Iverson *et al.* 1994). Initially, we modeled the biomass density that would be expected if no humans or natural disturbances were present. This value was derived from GIS data layers on elevation, soils, slope, precipitation, and an integrated climate index. Total forest biomass for nine countries was estimated to be 176 Pg ($1\ Pg = 10^{15}$ g), or an average potential biomass density (PBD) of 322 Mg/ha.

The potential forest biomass was then masked with a map of forest locations for 1980, resulting in a map of the PBD on locations still forested in 1980. The total potential biomass estimate for these locations was 63 Pg, representing a loss of 64 percent of the potential biomass, attributed to land conversion. The average PBD of the forests, on the other hand, increased to 370 Mg/ha, indicating that much of the land converted before 1980 came from lower-biomass-density forests.

Finally, the influence of population density was factored into the estimate of PBD (fig. 1). The resulting estimate of total actual forest biomass in 1980 was 33 Pg, which represents a reduction of 52 percent of the potential biomass of the 1980 forested areas, and 19 percent of the potential biomass across the entire subcontinent (fig. 2). The actual biomass density (ABD) for the South and Southeast Asian tropical forests of 1980 was estimated to be 194 Mg/per ha, or 52 percent of the predicted biomass density of forests in the absence of human activity or other disturbances.

The method described appears to be capable of estimating biomass and biomass change across the tropics. The results highlight the importance of considering the degradation of intact forests as well as the outright conversion of forests to other uses when assessing the inputs of carbon to the atmosphere from tropical land-use change.

Two maps depicting the forest resources of Peninsular Malaysia, one dated 1972 and the other 1982, were digitized into ARC/INFO for analysis of spatial and temporal trends (Brown *et al.* 1994). Estimates of 1972 and 1982 biomass density for each of 11 forest classes were also produced from inventory stand tables. These data allowed us to calculate changes in forest cover and biomass during the decade. Overall, forest area was reduced by 17 percent, and total biomass by 28 percent; however, this percentage varied among forest classes. For example, primary forest area declined by 23 percent while its biomass was reduced by 35 percent; disturbed forest area declined by 7 percent while its biomass was reduced by 19 percent. These data indicate that, in addition to loss of forest biomass because of changes in land-use, degradation of biomass was also occurring within the forests. Together, these figures represented a loss of 30 teragrams (Tg) per calendar year ($1\ Tg = 10^{12}$ g). Changes in perimeter area ratios were correlated with the degree of biomass degradation, suggesting that the fragmentation of Malaysian forests, a process that increases their accessibility, was a cause of the degradation.

Conclusions of the two studies summarized above are:

1. The use of GIS permitted us to spatially extrapolate our local and subregional understanding and data concerning the effects of climate, topography, soil, popula-

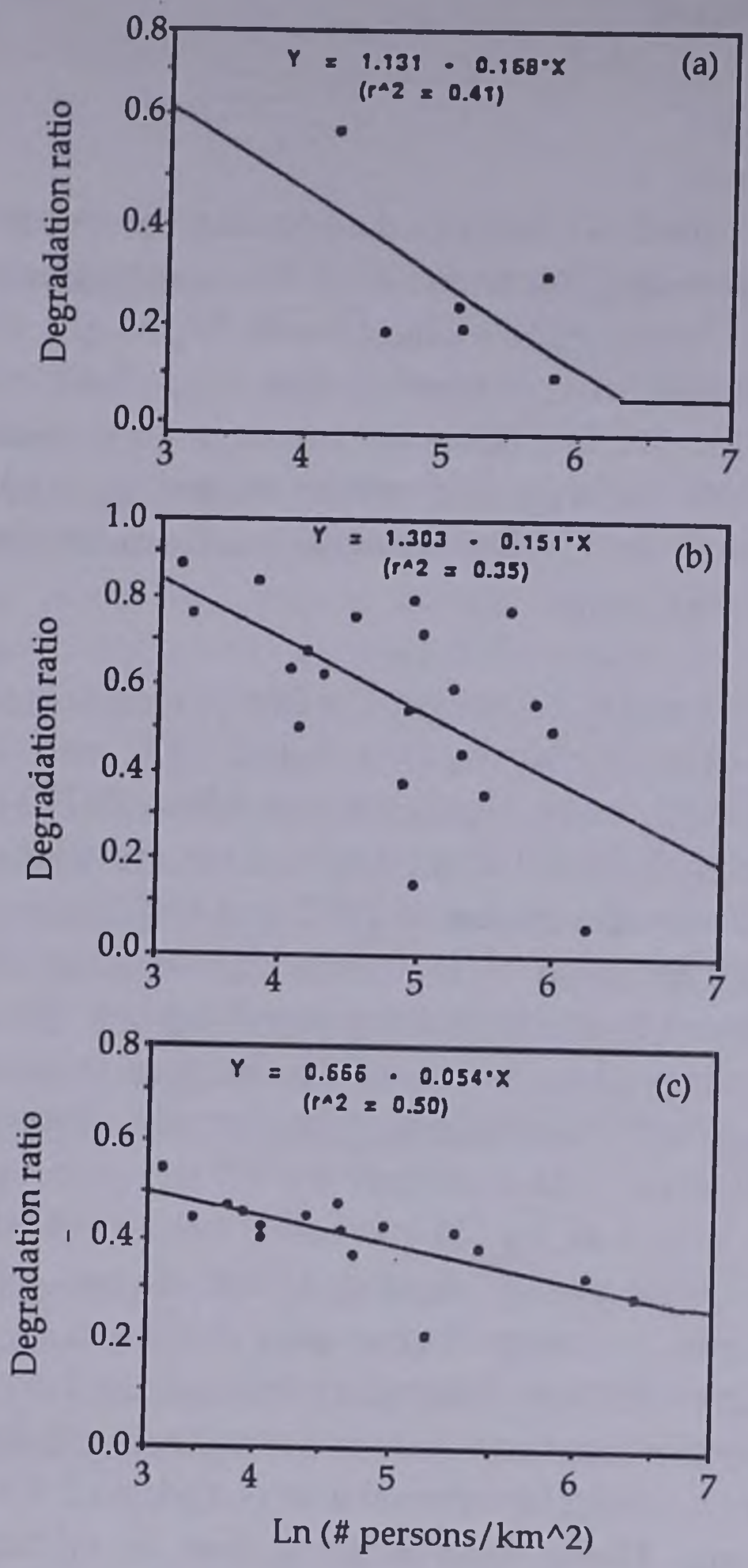


Figure 1. —*Relationship between degradation ratios (actual biomass density from inventory/ PBD-80) and the natural logarithm (ln) of population density (ln 3 = 20. ln 4 = 55. ln 6 = 403, ln 7 = 1097 persons/km$^2$) for continental South and Southeast Asia under (a) dry, (b) seasonal, and (c) moist regimes. Data are at the subnational or administrative-unit level of scale. (See Iverson et al. 1994 for details).*

tion pressure, and land-use to estimate biomass-density changes for the entire region of continental South and Southeast Asia. The extrapolation, based on biophysical and human factors, provides an improvement in estimates over those previously achieved.

2. Total potential biomass was estimated to be 176 Pg (176 x $10^{15}$ g) for all of South and Southeast Asia, and total potential biomass for areas still forested in 1980 was 64 Pg. Therefore, total biomass decreased by 64 percent in the region because of deforestation, or conversion of forestland to nonforest.

3. Total actual biomass was estimated at 33 Pg for the region, a loss of 48 percent of the total potential biomass in 1980 because of degradation (reduction of biomass within forests).

4. The ecofloristic zone containing the most total biomass was the lowland seasonal forests; roughly half of the total potential or actual biomass was found in this zone. However, lowland and montane moist forests contained the highest biomass densities, followed closely by lowland seasonal forests.

5. Closed forests had the highest total potential and actual biomass because this class covers 41 percent of the forest area for South and Southeast Asia. Closed forests averaged an ABD of 202 Mg/ha over 79.8 million hectares. Open forests, found on a quarter of the forested area in 1980, had low biomass-density values (ABD of 164 Mg/ha) and contained an estimated 7 Pg of biomass across the continent. Forests in shifting cultivation were also very important and contained 8 Pg of biomass in 1980.

6. Total biomass and biomass density were estimated for each of 10 South and Southeast Asian countries. India had the highest total biomass, simply a function of its large size; however, it had the lowest ABD. Cambodia, followed by Laos, Vietnam, Myanmar, and Peninsular Malaysia, had forests with the highest biomass densities, presently estimated at 300, 272, 261, 231, and 210 Mg/ha, respectively.

7. An implication for global carbon cycling is the widespread degradation that is another

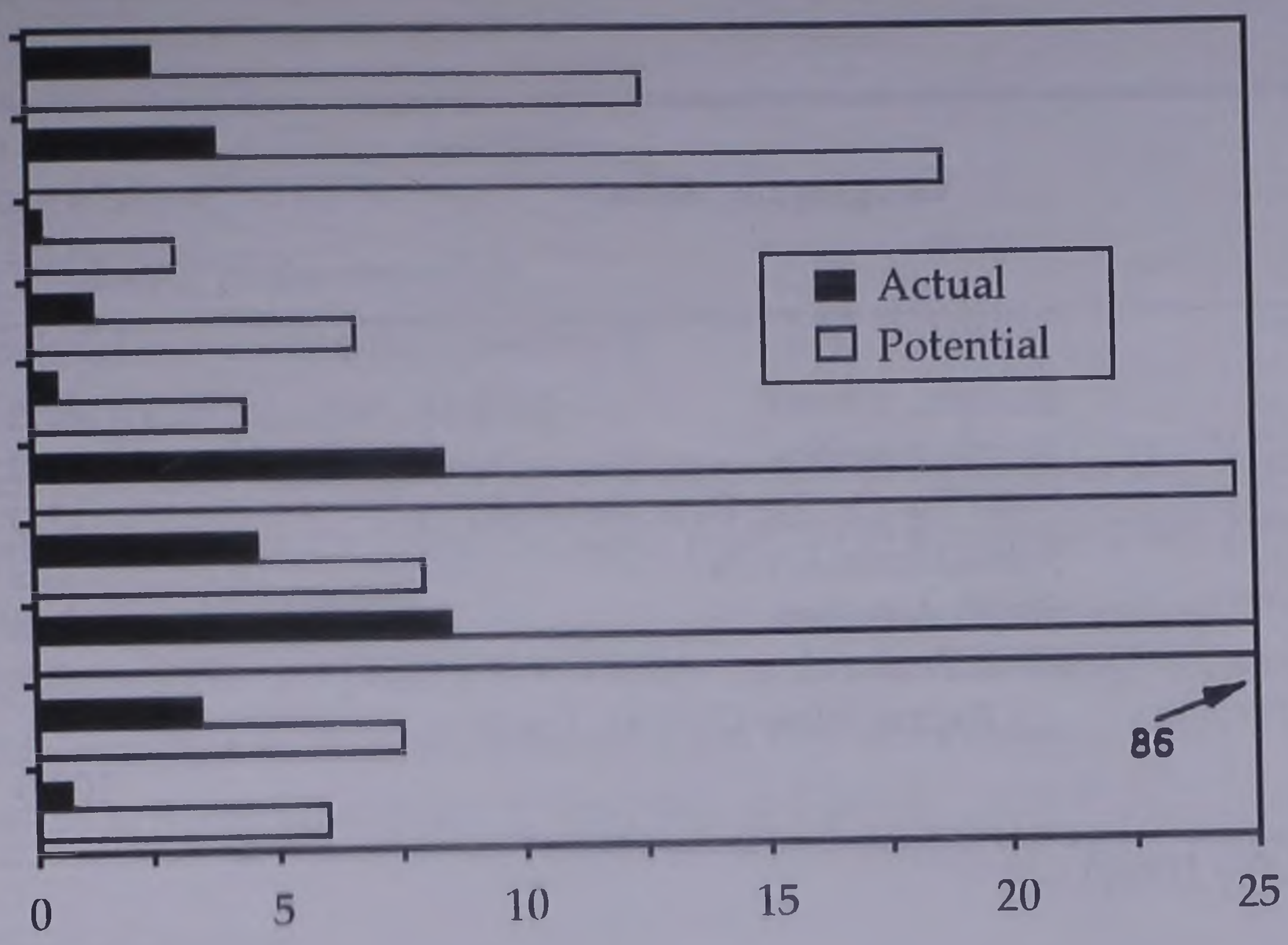


Figure 2. —*Comparisons of the total aboveground biomass that countries in South and Southeast Asia actually have with how much aboveground biomass they could possibly sustain show the effects of deforestation and forest degradation in the region. All values are estimated according to the techniques of Brown et al. (1994).*

mechanism (besides deforestation) that reduces biomass and thus carbon pools in tropical forests. This mechanism needs to be addressed in all future carbon-budget analyses.

## TROPICAL FOREST MANAGEMENT AND REHABILITATION

It is time to do something about tropical forest management (Lugo 1992). Only a small fraction of world ecologists work in the tropics (table 1). Yet, although tropical forests influence the climate and standard of living of people worldwide, they are being wasted with little effort to manage their resources sustainably. The steps toward sustainable development of tropical lands are well known, but it is difficult to anticipate who will implement the required conservation measures. The forestry profession in the tropics lacks sufficient political, social, and financial support and is not in a position to manage the vast tropical forest biome. The consequences of this situation are serious for people in both tropical and temperate zones. Forestry institutions need reorientation, professionalization, and depoliticization in order to assume leadership over tropical forest management. Each country should be allowed to manage its own lands and forests, but international cooperation is needed to bring tropical countries to the capability level of temperate zone forestry institutions.

Land rehabilitation has been proposed as a management strategy to reverse the negative consequences of tropical deforestation and land degradation (Brown and Lugo 1994). In this paper the authors first define the concepts associated with ecosystem modification: conversion, damage, and degradation —and those associated with ecosystem repair: restoration, rehabilitation, and reclamation (fig. 3). We then present a scheme of sustainable land-use in the tropics, with illustrations of how rehabilitation and restoration activities fit into the overall

Table 1. —*Fraction of the world's ecologists in the tropics (based on 16,000 ecologists)**.

| Biogeographic realms | Geographic region | Fraction of the world's ecologists (%) |
|---|---|---|
| Palearctic | Europe, Siberia | 35.3 |
| Nearctic | North America | 43.0 |
| Oriental | Near East to Far East Malaysia, etc. | 12.0 |
| Ethiopian | Subsaharan Africa | 2.3 |
| Neotropic | South America | 1.7 |
| Australasian | New Zealand, Papua, New Guinea, Pacific | 5.7 |
| Total | | 100.0 |

*Modified from May (1992).

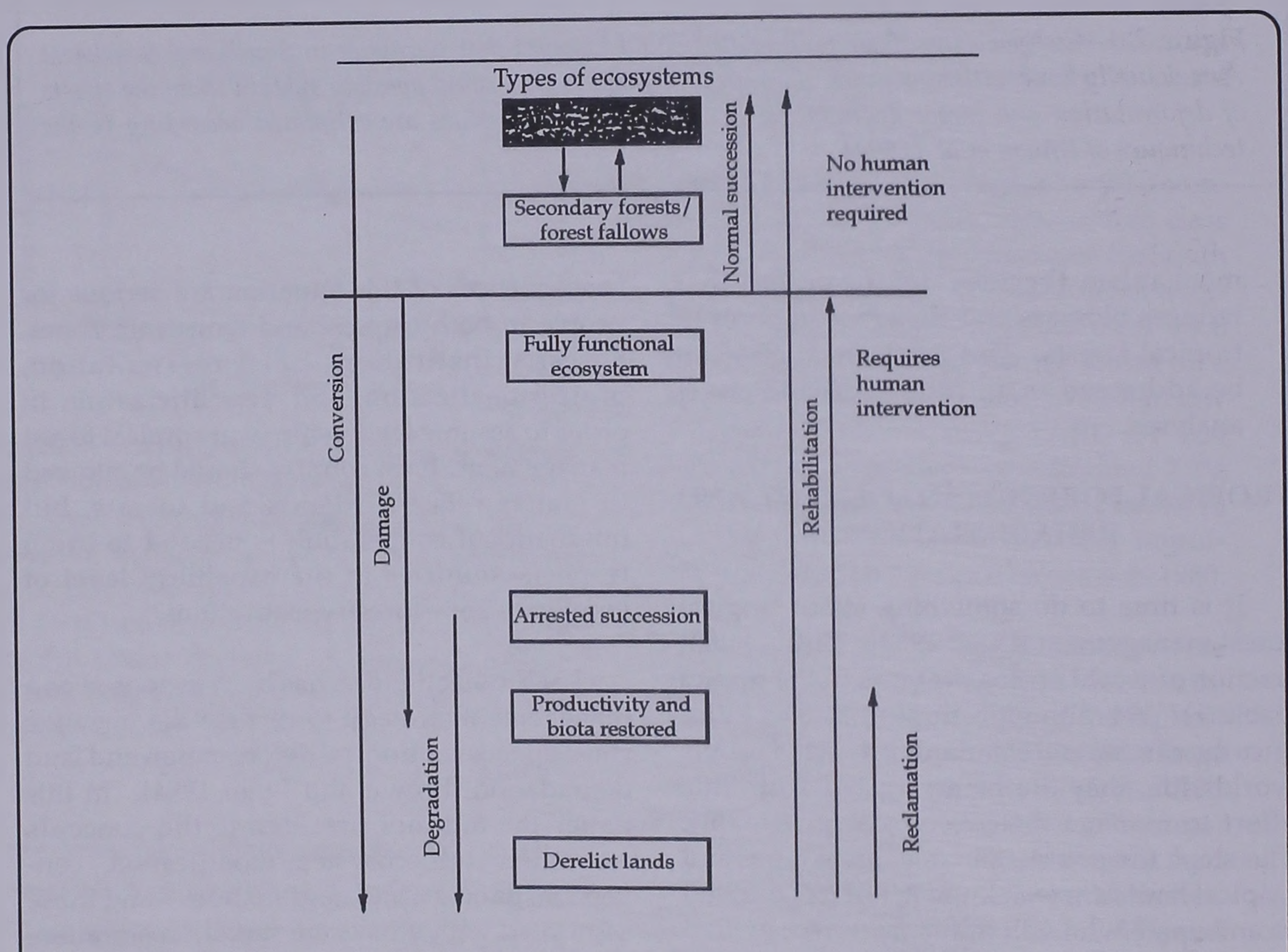


Figure 3. —*An illustration of the definitions and common terms used to discuss the changes lands undergo, generally caused by human activities, and their modes of repair by human-directed succession (from Brown and Lugo 1994).*

Table 2. —*Ecological requirements for rehabilitation damaged and degraded tropical forest lands**.

General Strategies

- Maintain flexibility in the approach.
- Be alert to local environmental conditions.
- Avoid specificity of the ultimate goal.
- Couple systems that maximize value and accelerate rehabilitation (for example, use treated sewage effluent for irrigation when possible to accelerate plant growth).
- Create nuclei of biotic activity.
- Maximize ecosystem complexity to optimize use of site resources.
- Maximize protection from pests, fires, etc., and minimize risks.
- Use stressors to arrest succession at desirable end-point.

Strategies Targeted to the Soil

- Manipulate the soil as needed, either physically or biotically (for example, rip the soil, introduce soil fauna, mycorrhizae, etc.).
- Fertilize and irrigate when absolutely necessary (for example, on derelict lands or in arid areas).
- Keep topsoil moist, cool, and shaded.
- Be aware that nutrient cycling strategies may change during the rehabilitation process.

Strategies Targeted to the Flora and Fauna

- Maximize vegetation cover.
- Restore tree cover.
- Manipulate the existing vegetation before attempting substitution.
- Use multiple seeding techniques when in doubt as to what to plant.
- Develop species mixtures based on their ecological combining ability.
- Let fallow land do most of the forest rehabilitation.
- Use exotic species to foster native species.

*Based on Lugo (1988).

Table 3. —*Criteria for measuring the ecological success of land rehabilitation**.

| Issue | Criterion |
|---|---|
| Sustainability of the System | Must be self-perpetuating and not need subsidies (biocides, fertilizers, or irrigation) to maintain itself. |
| Vulnerability to Invasions | Must resist invasion by other species. |
| Biological Diversity | All of the key species or functional groups (plant, animal, and microbiota) must be present. |
| Productivity | Should be as productive as the original. |
| Nutrient Retention | Nutrients should be recycled efficiently. |
| Hydrologic Cycle | Acceptable levels of water quality and quantity (surface and groundwater) must be reestablished. |

*Based on Ewel (1987) and Lamb (1988).

Table 4. —*Criteria for measuring the socioeconomic success of land rehabilitation**.

| Issue | Criterion |
|---|---|
| Stability of the System | Stable human population density (growth, migration rates).<br>Stable market prices.<br>Stable and equitable land-use patterns and land-tenure systems.<br>Balance between subsistence and cash crops.<br>Stable rate of consumption of other natural resources (such as fuelwood, water). |
| Efficiency | Degree of public involvement and participation in the project (all members of community, not only those who benefit the most). |
| Flexibility | Extent to which economic flexibility is possible (such as through production of products that lead to accumulation of wealth or surplus food). |

*From Lamb (1988).

scheme of the use of land. Because damaged lands cannot contribute effectively to sustained economic development, land rehabilitation is a necessary step for increasing the chances of attaining sustainability. Approaches for rehabilitating ecosystems are outlined (tables 2, 3 and 4), including the management of stressors and subsidies in relation to their point of interaction in the ecosystem. Finally, we illustrate the concepts of ecosystem rehabilitation of damaged, degraded, and derelict lands with examples of case studies from dry to humid life zones in island and continental situations throughout the tropics. The case studies demonstrate that opportunities for success exist, even with severely degraded lands, but a considerable amount of research remains to be done before we have a full understanding of the complexity of the task facing us.

## LITERATURE CITED


Brown, S. and A.E. Lugo. 1994. Rehabilitation of tropical lands: a key to sustaining development. Restoration Ecology 2(2):97-111.

Brown, S., L.R. Iverson, and A.E. Lugo. 1994. Land-use and biomass changes of forests in Peninsular Malaysia from 1972 to 1982: a GIS approach. Pages 117-143 *in* V.H. Dale, editor. Effects of land-use change on atmospheric $CO_2$ concentrations. Southeast Asia as a case study. Springer-Verlag, New York.

Ewel, J.J. 1987. Restoration is the ultimate test of ecological theory. Pages 31-33 *in* W.R. Jordan, III, M.E. Gilpin, and J.D. Aber, editors. Restoration ecology: a synthetic approach to ecological research. Cambridge University Press, Cambridge, England.

Iverson, L.R., S. Brown, A. Prasad, H. Mitasova, A.J.R. Gillespie, and A.E. Lugo. 1994. Use of GIS for estimating potential and actual forest biomass for continental south and southeast Asia. Pages 67-116 *in* V.H. Dale, editor. Effects of land-use change on atmospheric $CO_2$ concentrations. Southeast Asia as a case study. Springer-Verlag, New York.

Lamb, D. editor. 1988. Restoration of degraded ecosystems. International Union for the Conservation of Nature-World Conservation Union, Gland, Switzerland.

Lugo, A.E. 1988. The future of the forest: ecosystem rehabilitation in the tropics. Environment 30(7):17-20, 41-45.

Lugo, A.E. 1992. Tropical forest management-time to do something about it. Pages 382-391 *in* American forestry: an evolving tradition. Proceedings of the Society of American Foresters, 1992 National Conservantion. October 25-28, 1992, Richmond, Virginia. Society of American Foresters, Bethesda, Maryland.

May, R.M. 1992. Past efforts and future prospects towards understanding how many species there are. Pages 71-81 *in* O.T. Solbrig, H.M. van Emden, and P.G.W.J. van Oordt, editors. Biodiversity and global change. Monograph No. 8. International Union of Biological Sciences. Paris.

## WATERSHED RESEARCH

*Fred N. Scatena*
*Hydrologist*

During 1994 the Luquillo Experimental Forest and the island of Puerto Rico were under severe drought conditions. In the San Juan metropolitan area, water was rationed for several months and the Caribbean National Forest had a major increase in requests for water withdrawals. To provide the scientific information needed to adequately evaluate these requests and the impacts of the drought on the forest ecosystem, several new studies were initiated. These studies were funded by the USDA Forest Service Ecosystem Management program, the Luquillo Long-Term Ecological Research program, and existing watershed research funds. They include a cooperative study with Armando González of the Forest Service's Fire Laboratory on measuring the economic benefits of Río Mameyes Ecological Integrity in an expanded-benefit framework; a study by Sherri Johnson of the University of Oklahoma on "Modeling instream Flow in Tropical Rivers"; a master's thesis by Andrés García of the University of Connecticut on predicting low-volume flows for streams draining the Caribbean National Forest; a study done in cooperation with the Puerto Rican Conservation Foundation on the hydrodynamics of the Río Mameyes Estuary (Morris and Hu 1994); and a Ph.D. thesis by Jorge Ortiz at the University of Colorado on the effects of minimal flows on the metabolism of the Luquillo Experimental Forest. In addition, IITF and the US Fish and Wildlife Service jointly sponsored a workshop on Puerto Rican aquatic resources. The proceedings from an IITF-sponsored international symposium on tropical montane cloud forests were also published during this fiscal year (Hamilton *et al.* 1994).

During 1994 a SOLAR EMERGY evaluation of the Luquillo Experimental Forest and Puerto Rico was also completed (Doherty *et al.* 1994). "Emergy", expressed in solar joules, is an energy-based measure of resources and economic activity that can be used to evaluate public policy options. The study indicated that (1) Puerto Rico has an EMERGY use per capita that is relatively high and similar to that of several European countries; (2) the value of the Luquillo forest land to the public is between 16 and 25 times more than the current assessed market values of land adjacent to the forest; and (3) of the many values provided by the forest, surface water has the highest of the by product functions (table 1). A water use budget for the forest was also completed by Monika Nauman as part of her thesis requirement for the European Postgraduate Programme in Environmental Management (Nauman 1994). This was the first time that water use from the forest was estimated. Her analysis showed that on an annual basis approximately 19 percent of the precipitation that enters the forest is removed for municipal water sources (fig. 1). However, since much of the water that leaves the forest runs off during storms, on an average day approximately 53 percent of the stream flow from the forest is being extracted for municipal use before it reaches the ocean. The water removed from streams that drain the forest is enough to supply approximately 18 percent of the island's population and has a market value of approximately $27 million per year.

The 1994 fiscal year also marked the renewal of the Luquillo Long-Term Ecological Research program. The primary goal of this project, which is managed jointly by IITF and the University of Puerto Rico, is to understand the interactions of disturbance, physical parameters, and tropical biota from population, community, ecosystem, and landscape perspectives. During the first 6 years of the program, over 150 refereed publications and 23 graduate theses on the ecology of the forest were completed. The next six years also promise to be an important and productive period in the research of the Luquillo forest.

Table 1. —*Solar emergy evaluation of Luquillo Experimental Forest (LEF) in 1992 including emergy-supporting ecosystem functions, administrative and research budgets, fuel consumption, attracted investments, and tourism*[a].

| Evaluation factor | Resource flow (J, $/yr) | Solar transformity (sej/J, sej/$) | Solar emergy (sej/yr) | em$, 1992 (1000 em$/yr) |
|---|---|---|---|---|
| Environmental source: | | | | |
| 1. Elfin, cloud forest (412 ha) | — | — | 5.35 E+18 | 3258 |
| 2. Colorado forest (3285 ha) | — | — | 2.07 E+19 | 12581 |
| 3. Palm forest (1914 ha) | — | — | 1.11 E+19 | 6725 |
| 4. Tabonuco forest (5657 ha) | — | — | 1.24 E+19 | 7572 |
| Social source: | | | | |
| Economic support services: | | | | |
| 5. CNF budget | 2,865,000 $ | 1.64 E+12 | 4.71 E+18 | 2865 |
| 6. IITF administration | 1,685,000 $ | 1.64 E+12 | 2.77 E+18 | 1685 |
| 7. Electricity consumption | 2.48 E+12 J | 1.25 E+05 | 3.09 E+17 | 188 |
| 8. Fuel consumption | 1.83 E+13 J | 47900 | 8.78 E+17 | 534 |
| Attracted investments: | | | | |
| 9. IITF research | 2,527,000 $ | 1.64 E+12 | 4.15 E+18 | 2527 |
| 10. International co-op | 643,000 $ | 1.64 E+12 | 1.06 E+18 | 643 |
| 11. Other research (UPR, NSF) | 2,025,000 $ | 1.64 E+12 | 3.33 E+18 | 2025 |
| Tourism: | | | | |
| 12. Island residents | 386,000 visitors | | | |
| a. Money spent to get to LEF | 2.70 E+6 $ | 1.64 E+12 | 4.44 E+18 | 2702 |
| b. Energy expended during recreation | 8.42 E+12 J | 4.81 E+06 | 4.05 E+18 | 2461 |
| 13. Non-island residents | 114,000 visitors | | | |
| a. Money spent to get to LEF | 2.49 E+06 $ | 1.60 E+12 | 3.98 E+18 | 2419 |
| b. Energy expended during recreation | 2.49 E+11 J | 8.90 E+06 | 2.21 E+18 | 1346 |

[a]From Doherty *et al.* (1994).

Ecological research also continues on the recovery of the Bisley experimental watershed following Hurricane Hugo. September 1994 marked the fifth year following Hugo. A complete re-measurement of the Bisley plots was completed in the fall and an analysis of 5- year recovery will be presented in a special issue of Biotropica in September 1995. During 1994, a detailed paper on the soils of Bisley was published (Silver *et al.* 1994). Cooperative studies on the role of herbaceous vegetation were also initiated with the University of Tennessee.

Research on the dynamics of land-use in the piedmont region of Brazil continued in cooperation with Florida State University. During fiscal year 1994, IITF and Florida State University sponsored an international symposium at the American Association of Geographers on

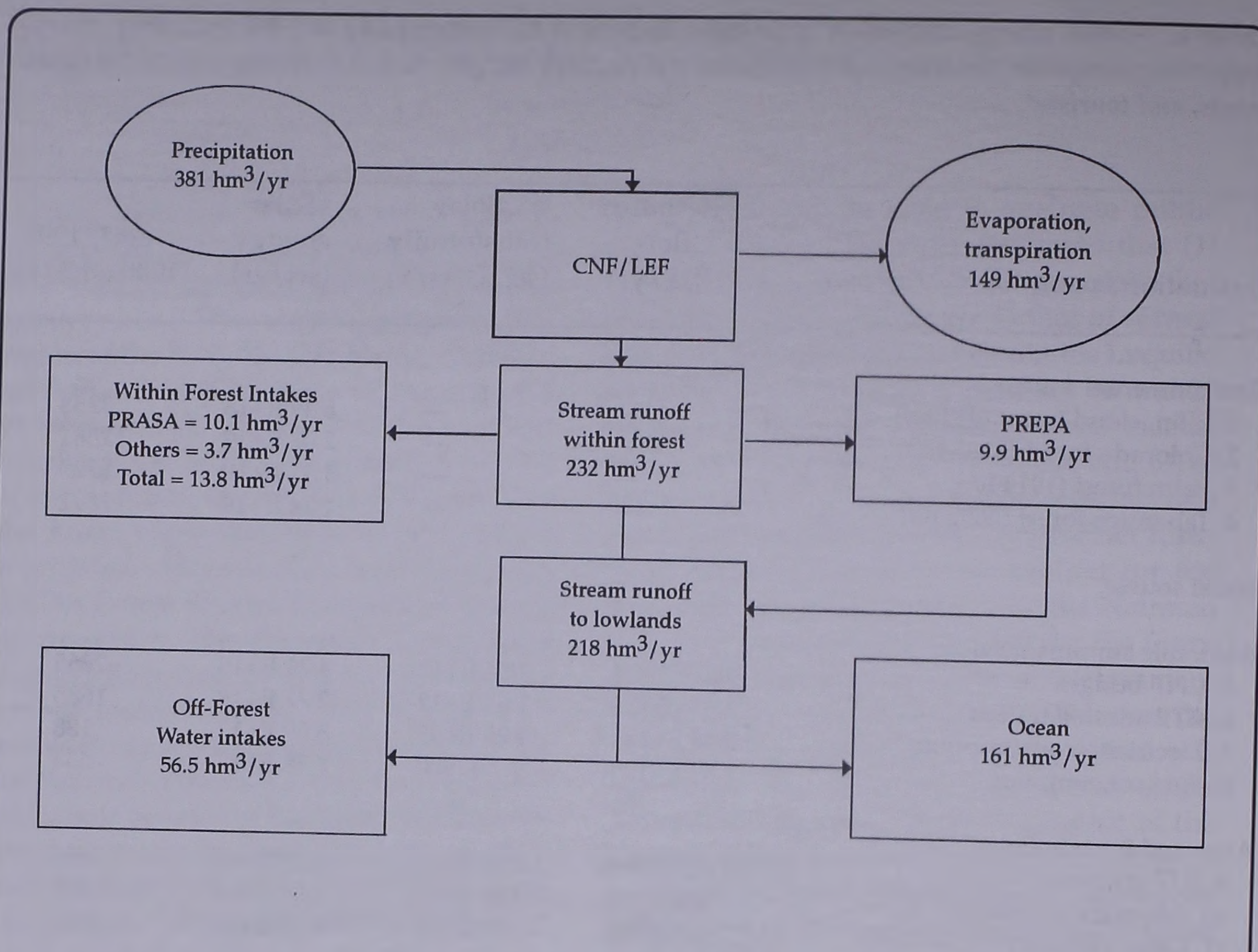


Figure 1. —*Water-use budget for the Caribbean National Forest in 1994.*

land-use dynamics in Brazil. The 10 presentations at the symposium are being edited into a special volume that will be published in the journal Ecological Economics.

## LITERATURE CITED

Doherty, S.J., F.N. Scatena, and H.T. Odum. 1994. Emergy evaluation of the Luquillo Experimental Forest and Puerto Rico. Center for Env. Policy, Env. Eng. Sciences, of Florida. 67 pp.

Hamilton, L.S., J. Juvik, and F.N. Scatena, editors. 1994. Tropical Montane Cloud Forests. Ecological Studies 110. Springer-Verlag, New York. 407 pp.

Morris, G. and G. Hu. 1994. Preliminary Hydrodynamic Analysis of A Salt Wedge Estuary: Río Mameyes, Puerto Rico. Fundación Puertorriqueña de Conservación, San Juan, Puerto Rico.

Nauman, M. 1994. A Water Use Budget for the Caribbean National Forest. Thesis submitted as partial requirement for European Master in Environmental Management. 1993/1994. 51 pp.

Silver, W.L., F.N. Scatena, A.H. Johnson, T.G. Siccama, and M.J. Sánchez. 1994. Nutrient availability in a montane wet tropical forest in Puerto Rico: spatial patterns and methodological considerations. Plant and Soil. 164:129-145.

# PRODUCTION AND CONSUMPTION OF ATMOSPHERIC CARBON MONOXIDE FROM PASTURES AND FORESTS IN NORTHEAST PUERTO RICO

*Michael Keller and Matt Tarr*[1]
*Research Physical Scientists*
[1]*US Environmental Protection Agency, 960 College Station Rd., Athens, Georgia 30613*

Carbon monoxide (CO) is a moderately eactive gas with an atmospheric lifetime of eeks to months. In the free troposphere, CO nd methane ($CH_4$) are the most important sinks" for the hydroxyl radical (OH). Since ne OH radical is the dominant oxidant in the roposphere, the troposphere is a "self-cleans- ng" system. CO has several known sources ncluding fossil fuel and biomass combustion, xidation of atmospheric hydrocarbons, and lirect emissions from the biosphere. The sink or carbon monoxide is dominated by its reac- ion with OH. Accounting for the global udget of CO allows for a direct biogenic source f $10^{14}$ to $10^{15}$ g CO $y^{-1}$.

Measurement of biogenic CO emission, particularly from plants, has largely been restricted to the laboratory. Using static soil chambers and dynamic leaf chambers, we are studying soil and vegetation exchange of CO with the atmosphere in the Luquillo Experimental Forest and in pasture land surrounding the forest. CO samples are stored in glass syringes and analyzed the day of sampling using gas chromatography with a mercuric-oxide bed mercury vapor detector for reduced gases (Trace Analytics, RGA-3).

Soils may be sources or sinks for CO. Under opaque chambers, the soil-atmosphere exchange of CO is slight — either negative or positive ($10^{10}$ molecules $cm^{-1}$ $s^{-1}$). Under transparent glass chambers, there are differences among pasture and forest land. Forest soils consume CO at rates similar to those found under opaque chambers. However, under full-sun conditions in pasture, we measured large positive fluxes (>$10^{11}$ molecules $cm^{-1}$ $s^{-1}$).

Observations of leaves in shade and in full sun yield similar results. CO emissions were correlated with full-spectrum irradiance, with large fluxes (>$10^{11}$ molecules $cm^{-1}$ $s^{-1}$) recorded under sunny conditions (>50 mW $cm^{-2}$). The results suggest that the terrestrial biosphere source of CO to the global atmosphere deserves further investigation.

# GENETIC DIVERSITY WITHIN AND AMONG *DACRYODES EXCELSA* TREE UNIONS

*Migdalia Álvarez, Jim L. Hamrick[1], Ariel E. Lugo, and Fred N. Scatena*
*Ecologist, Geneticist, Ecologist, and Hydrologist*
*[1]Department of Botany, University of Georgia, Athens, Georgia*

Tabonuco (*Dacryodes excelsa*) is the dominant species within the lower elevations of the Luquillo Experimental Forest. Over 60 percent of all stems, basal area, and biomass of tabonuco have been reported as occurring in tree unions, interconnected by self and intraspecific root grafts (Basnet *et al.* 1993). The specific time in the tree life history when grafting occurs is unknown. Field observations demonstrated that most seedlings are not grafted. Several stumps, defined as living appendages of trees that are physically joined together, are observed elsewhere in the Bisley Experimental Watersheds (BEW). Live grafts on decomposed stumps adjacent to grafted trees indicated that some unions are several generations old. In the BEW, unions include from 2 to 14 individuals (Basnet *et al.* 1993).

However, tabonuco also evidences a dual allocation effort for reproduction: vegetative (e.g., clonal) and sexual (Álvarez 1994). Vegetative reproduction produces linear tree unions according to the expanding direction of the main root and its accessory buds. A research effort is under way to determine to what degree the trees and saplings adjacent to a union are related. We want to know how closely related adjacent unions are to unions in different parts of the Luquillo Mountains, and whether tabonuco trees within unions are genetically different from tabonucos that are not in unions.

In order to establish the genetic relation of the union as a study unit, we used electrophoretic analysis (Hamrick *et al.* 1992, Hamrick and Murawski 1991, Hamrick *et al.* 1989, Loveless and Hamrick 1987) for allozyme determination in *D. excelsa* leaves. A preliminary approach included the analysis of samples to determine: the suitability of the species for allozyme analysis, which enzyme system will work better, and the number of polymorphic loci. Samples were taken from at least five tree unions located in and around the Bisley Experimental Watersheds (BEW) at the Luquillo Experimental Forest. Trees were tagged that had been studied previously by Basnet, Scatena, and Alvarez. Two or three mature leaves on their twigs were obtained from each tree. Rappelling techniques were applied in order to reach tabonuco canopies at 25m to 30m height. The laboratory analysis was done in the genetic laboratory of J.L. Hamrick at Athens, Georgia.

Thirty-one samples of *D. excelsa* leaves were transported to the University of Georgia in Athens, for alloenzyme gel electrophoresis. Samples were collected from the Bisley Watersheds in three areas: Slope Cristal 1 (12 samples), Bisley Tower (7 samples), and Cirio's (12 samples). Leaves were washed to remove fungi and/or other substances from the surfaces. The samples were divided in half. Fifteen were to be extracted with "Needle" buffer and 16 with "Camellia" buffer. The objective was to make trial runs with all enzyme/buffer system combinations available. Four to eight gels were running each day for 5 days. Six enzyme/buffer systems were identified as better for the *D. excelsa* staining pattern. This preliminary work gave positive results in six systems, and the leaves proved to be suitable for extending the genetic analysis.

We were also interested in knowing how long leaves could retain their enzymatic activity. We decided to make another extraction procedure 6 days after leaf collection and transport from Puerto Rico to Athens. The results obtained were similar to those of the first day. These results give us the certainty that samples could be obtained from Puerto Rican forests and

ransported to Athens without losing their
›iochemical activity.

Beginning last summer, leaf samples are
›eing sent to the University of Georgia. A com-
›lete analysis of at least 50 samples each from
abonuco forests at Bisley, El Verde, Bayamón,
Ciales and Jayuya will be conducted to
compare tree unions throughout Puerto Rico.

## LITERATURE CITED


Álvarez, M. 1994. Physiological ecology of *Dacryodes excelsa* tree unions. Dissertation Proposal. University of Puerto Rico, Río Piedras, P.R.

Basnet, K., G.E. Likens, F.N. Scatena, and A.E. Lugo. 1993. Ecological consequences of root grafting in Tabonuco (*Dacryodes excelsa* Vahl) in the Luquillo Experimental Forest, Puerto Rico. Biotropica 25(1):28-35.

Hamrick, J.L., H.M. Blanton, and K.L. Hamrick. 1989. Genetic structure of geographically marginal populations of ponderosa pine. American Journal of Botany 76(11):1559-1568.

Hamrick, J.L. and D.A. Murawski. 1991. Levels of allozyme diversity in populations of uncommon neotropical tree species. Journal of Tropical Ecology 7:395-399.

Hamrick, J.L., M.J. Godt, and S.L. Sherman-Broyles. 1992. Factors influencing levels of genetic diversity in woody plants species. New Forests 6:95-124.

Loveless, M.D. and J.L. Hamrick. 1987. Distribución de la variación de especies de árboles tropicales. Rev. Biol. Trop. 35(1):165-175.

# GENETIC VARIABILITY AMONG *PTEROCARPUS OFFICINALIS* Jacq. POPULATIONS IN NORTHEASTERN PUERTO RICO

*Migdalia Álvarez, Jim L. Hamrick[1], and Fred N. Scatena*
*Ecologist, Geneticist, and Hydrologist*
*[1]Department of Botany, University of Georgia, Athens, Georgia*

*Pterocarpus officinalis* is a facultative halophyte tree that tends to grow in monospecific stands along coastal areas and river courses. Woodbury (1979) reported a total of 15 *Pterocarpus* forest locations in Puerto Rico. Cintrón (1983) estimated their coverage to be approximately 238 hectares (ha). In the past, the mountainous region of the island had *Pterocarpus* trees or stands in riparian areas as reported by Bates (1929), Gleason and Cook (1926), and Beard (1949). At present only those in the Luquillo Mountains remain (Álvarez 1990).

Most of the *Pterocarpus* forests in Puerto Rico are located in the northeastern region of the island. Approximately 75 percent of all *Pterocarpus* forests reported for Puerto Rico (168 ha of 238 ha total) are concentrated between an area east of the Espíritu Santo River and the Antón Ruiz River in Humacao. Their presence along the northeast coast is due to the continuous freshwater supply from the Sierra de Luquillo where the Luquillo Experimental Forest is located (Álvarez 1994).

The Mameyes River is the main avenue by which *Pterocarpus* seed moves from the mountains to the coast. This is the only place in Puerto Rico where a continuous gene movement is likely to occur between these populations. The main goal of this work is to determine the genetic variability among *Pterocarpus* populations along the Mameyes River and compare them with other *Pterocarpus* populations in other areas of Puerto Rico. It is expected that genetic variability among populations along the Mameyes River should be less pronounced than that of other populations along the northeast region and elsewhere in Puerto Rico.

In order to estimate the genetic variability among *Pterocarpus* populations, we used electrophoretic analysis for allozyme determination in leaves and seeds. A preliminary approach included the analysis of 25 samples to have an idea of the polymorphic loci. The suitability of the method has been demonstrated for *P. roherii* from Barro Colorado Island in Panamá.

Samples were taken from the *Pterocarpus* forest at the Luquillo Experimental Forest, from tree stands along the Mameyes River, from stands along the Antón Ruiz, Blanco, Espíritu Santo and Loíza rivers, and from Palmas del Mar. In the future, leaves will be sampled from Dorado, Sabana Seca, Patillas, and Mayagüez forests. The laboratory analysis will be done at J.L. Hamrick's laboratory in Athens, Georgia.

In May 1994, one hundred *Pterocarpus officinalis* seeds were transported to the laboratory. We made many tests using the same enzyme/buffer systems that were used with the *P. roherri* from Panamá (Barro Colorado). We obtained poor results with both systems and with both extraction buffers. This may have been the result of poor seed source (old and/or dead), dormant seeds, or too much extraction buffer. Another possible explanation is that the seeds may need a longer inmersion in water to activate their systems. Best results were obtained with TPI (Camellia), DIA (Camellia), MDH (good on Needle and Camellia), AK (Camellia) and 6-P (Camellia). We decided to obtain fresh leaf samples to make more trials and to determine the best enzyme/buffer system for this species.

## LITERATURE CITED

Álvarez, M. 1990. Ecology of *Pterocarpus officinalis* forested wetlands in Puerto Rico. Chapter 10. Pages 251-265 *in* A.E. Lugo, M.

Brinson, and S. Brown, editors. Forested Wetland Ecosystems of the World. Elsevier Publishers, Amsterdam.

Alvarez, M. 1994. Evaluación de poblaciones de *Pterocarpus officinalis* a lo largo del Río Mameyes en Luquillo. Coalición Ambiental de Puerto Rico. Mimeo. 4 p.

Bates, C.Z. 1929. Efectos del huracán del 13 de septiembre de 1928 en distintos árboles. Revista de Agricultura de Puerto Rico: 113-117 p.

Beard, J.S. 1949. The natural vegetation of the Windward and Leeward Islands. Oxford Forestry Memoirs No. 21. The Clarendon Press, Oxford.

Cintrón, B. 1983. Coastal freshwater swamp forests: Puerto Rico's most endangered ecosystem. Pages 249-282 *in* Ariel E. Lugo, editor. Los bosques de Puerto Rico. Instituto de Dasonomía Tropical y Departamento de Recursos Naturales, San Juan, Puerto Rico.

Gleason, H.A. and M.T. Cook. 1926. Plant ecology of Puerto Rico. Scientific Survey of Porto Rico and the Virgin Islands. Volume 7 part 2. 173 pp.

Woodbury, R. 1979. Notes from *Pterocarpus officinalis* - A freshwater swamp in Puerto Rico. University of Puerto Rico, Río Piedras, Puerto Rico. Mimeo. 2 p.

# MONTANE VEGETATION IN THE TROPICS: CONTROLS ON THE DEVELOPMENT, STRUCTURE, AND FUNCTION OF CLOUD FOREST ECOSYSTEMS

*Whendee L. Silver*
*Ecologist*

The first year of research on the Montane Forest Project was extremely productive, both in the field and in the laboratory. In 1994 an exciting study was completed demonstrating severe anoxia stress in upland, non-flooded, wet, tropical forest soils. Anaerobic conditions were significantly correlated with a loss of species richness at the landscape level, where decreasing soil oxygen and increasing methane production (an index of low redox conditions) were found along a gradient from the species-rich tabonuco forest to the species-poor cloud forest. This pattern was also found at the local scale, along a gradient from ridge tops to riparian valleys in the tabonuco forest. Low soil oxygen in the species-poor riparian valleys was negatively correlated with the previous 14 days of rainfall, illustrating a high degree of coupling between short-term changes in climate and ecological processes in wet tropical forests (which are generally regarded as aseasonal). This research demonstrates for the first time that soil aeration has a significant impact on species diversity and distribution in wet tropical forests.

Current research is aimed at determining the factors contributing to anaerobiosis and/or other edaphic conditions that could result in changes in ecosystem structure and function in the upper Luquillo Experimental Forest (LEF). Twelve plots have been established along an elevation gradient (750 to 1,050 m encompassing short cloud forest, palm forest, and colorado forest. All trees ≥2.5 cm in diameter at breast height (d.b.h.) were tagged, measured (diameter and height), and identified to species. In addition, all plots were located on a Geographic Information System (GIS) using global positioning hardware and software. The data revealed significant differences in species richness, species composition, basal area, and height among forest types. There were weak patterns with elevation suggesting that short cloud forest tends to occur on exposed ridges, although tall cloud forest was found on ridges at slightly lower elevation. Colorado forest occurred at the lower elevation limit of the study area, and palm forest occurred throughout the range, and with the exception of highly exposed ridge tops.

An intensive monitoring program was begun in the plots for litterfall, soil oxygen, and rainfall as indices of productivity and anoxia in the rooting zone. To determine which environmental conditions are likely to have the strongest influence on ecosystem processes, we constructed four meteorological stations along the gradient. The stations measure total irradiation, PAR, wind speed and direction, temperature, relative humidity (+/-0.3 percent), and rainfall. Preliminary data suggest that relative humidity changes dramatically along the gradient, presumably due to the presence and absence of clouds, and is highest near the top of the mountain. Future measurements will include the plant transpiration response to changes in available soil oxygen and the atmospheric saturation deficit. As a means of extending the concepts and measurements developed in the LEF, we are collaborating with Dr. L.A. Bruijnzeel from Holland who is conducting similar work in Jamaica, and hope to build a network of scientists and managers working to protect Caribbean cloud forest ecosystems.

Two undergraduate and several graduate students from Yale University, the University of Pennsylvania, and Stanford University participated in research projects in the cloud forest this year. The main project looks at the distribution and biodiversity of epiphytes in the short cloud forest plots. With matching funds from the USDA Forest Service Research Natural Areas (RNA) program, we measured the distribution and biomass of epiphytes from the

forest floor to the canopy, and between forest plots and plots located along the road. Epiphytes are generally thought of as arboreal inhabitants, but in the upper LEF they occur everywhere. In theory, epiphytes use the atmosphere for resource acquisition, and the trees for substrate only. Therefore, epiphytes should be able to occur anywhere that there is sufficient substrate and atmospheric resources. We found that epiphytes do indeed occur on the forest floor in the short cloud forest and by the sides of roads. Roadside plots had lower epiphytic biomass on the ground (no trees), but significantly higher diversity of orchids (growing in concrete drainages). This summer and fall, we will expand the project to the other three forest types and paired road plots. We will also conduct a reciprocal transplant experiment exchanging arboreal and terrestrial epiphytes, and moving both groups to the road plots. Samples are being collected from all plots for nutrient analysis to determine the role of epiphytes in nutrient cycling. We will use isotope analyses to determine whether the terrestrial epiphytes have become "terra-phytes" or continue to use the atmosphere as their resource base. The ability to switch from one resource base to another, or to use more than one simultaneously, would suggest an important adaptation to both temporal and spatial heterogeneity.

Research in the tabonuco forest also continued in 1994. We have completed 6 years of soil, root, and aboveground vegetation sampling from the experimental gaps in the Bisley Research Watersheds. Results suggest that most elements returned to predisturbance values within 4 years following forest cutting, although belowground biomass is still significantly lower than in the predisturbance forest. We are also conducting an indepth look at factors controlling changes in nutrient availability and plant species composition along topographic gradients in this forest.

## BIBLIOGRAPHY


Silver, W.L., S. Brown, and A.E. Lugo. 1996. Biodiversity and biogeochemical cycles. *In:* G. Orians, R. Dirzo, and H. Cushman, editors. Biodiversity and Ecosystem Processes in Tropical Forests. Springer-Verlag.

Silver, W.L., S. Brown, and A.E. Lugo. 1996. Effects of changes in biodiversity on ecosystem function in tropical forests. Conservation Biology. 10:17-24

Silver, W.L. 1994. Is nutrient availability related to plant nutrient use in humid tropical forests? Oecologia 98:336-343.

Silver, W.L., F.N. Scatena, A.H. Johnson, T.G. Siccama, and M.J. Sánchez. 1994. Nutrient availability in a montane wet tropical forest in Puerto Rico: spatial patterns and methodological considerations. Plant and Soil 164:129-145.

Silver, W.L., A.E. Lugo, and M. Keller. Soil atmosphere influences tropical rain forest biodiversity and species composition. Submitted to Science. In press.

# THE SCIENTIFIC SURVEY OF PUERTO RICO AND THE VIRGIN ISLANDS: 80th ANNIVERSARY COMMEMORATIVE SYMPOSIUM AND PUBLICATION

*Julio C. Figueroa Colón*
*Ecologist*

On the occasion of the 80th anniversary of the implementation of the Scientific Survey organized by the New York Academy of Sciences, the most diverse and systematic study of the components that make up the natural history of Puerto Rico and the US Virgin Islands, International Institute of Tropical Forestry (IITF) and the Puerto Rico Conservation Foundation organized a 1-day symposium in San Juan, Puerto Rico. Sponsored by the Puerto Rico Commission for the Celebration of the 500th Anniversary of the Discovery of Puerto Rico and Sacred Heart University, the event presented a program designed to summarize the development and products of the Survey.

Seen as a whole, the Survey (a total of nineteen volumes), stands as one of the most complete descriptions of the natural history of any area of comparable size ever attempted. It is the cornerstone of all subsequent research concerning the natural history of the islands, and for some disciplines it remains the principal reference.

A volume of the proceedings of the symposium, complemented by an additional ten papers, has been prepared and submitted for publication to the New York Academy of Sciences. The proceedings will be published in early 1996 in the *Annals* of the NYAS, as was the original Survey.

# OTHER ECOLOGICAL STUDIES

*Carlos D. Rodríguez Pedraza*
*Ecologist*

During the past year the research studies in he recreational areas of the forest have contin- ued, and a new assessment of the Puerto Rican Parrot Interpretative Trail area has been initiated. Development of a Geographic Infor- nation System and Global Positioning System GIS/GPS) office for the IITF is underway. Assistance in GPS to Brazilian agencies Superintendência do Desenvolvimento de Amazônia (SUDAM), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria (EMBRAPA), and the Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) was given during a 2- week training course in the SUDAM facilities in Belem- Brazil. A visit to the Tapajós National Forest, Santarem-Brazil, was made to explore research opportunities in areas where recreation sites are anticipated. Details of these activities follow.

## EFFECTS OF RECREATION ACTIVITIES ON VEGETATION STRUCTURE IN THE LUQUILLO EXPERIMENTAL FOREST

Studies on the effects of recreation in the tropics are scarce. From an annotated bibliography of the impacts of recreation activities, compiled by Cole and Schreiner (1981), none of the 348 studies included dealt with the tropics. Seventy percent were done in the United States alone. Obviously, the effects of recreation have been well observed in temperate forests, and management policies have been based on them and are in practice to minimize site deterioration. But can this experience be applied to tropical forests? Tropical forests are complex ecosystems, and very little is known of the effect of recreation activities on them. Since outdoor recreation is in demand and will play an important role in the forest, we initiated the first study to monitor and quantify the effects of recreation activities in the Luquillo Experimental Forest.

The general objectives of this study are to establish permanent study plots of investigation (throughout transects) in selected areas to monitor changes in vegetation and soils through time. We also intend to assess the current conditions of recreational areas in the forest in terms of plant community structure. To do this, we will compare trails with varying levels of use intensity on different sites with similar edaphic and climatological conditions. The same transects will serve as permanent areas of investigation by scientists in other fields of research.

Data collection for the first study area is complete, and the analysis is in process. Preliminary results indicate that the effects of vegetation cover by distance from trail center are not yet clear. Major impacts tend to be within the first 5 meters from the center of the trail. However, when exotic species are viewed individually some tendencies can be seen. Figure 1 shows the percentage of vegetation cover of exotic species by distance from trail center. We can see that the percentage decreases as we get away from the center of the trail, and toward the end of the trail. It appears that paving the trails, as is done in this forest, keep people on them and thus has a positive effect on nearby vegetation.

## PUERTO RICAN PARROT INTERPRETATIVE TRAIL

The Caribbean National Forest and the US Fish and Wildlife Service are redesigning the Puerto Rican Parrot Interpretative Trail in the Caimitillo area. This redesign will consist of the establishment of a series of stand-alone signs offering information about the Puerto Rican Parrot recovery program. The interpretative trail has two entry points and will be designed in such a way that visitors can start on either end of the trail. The trail is approximately

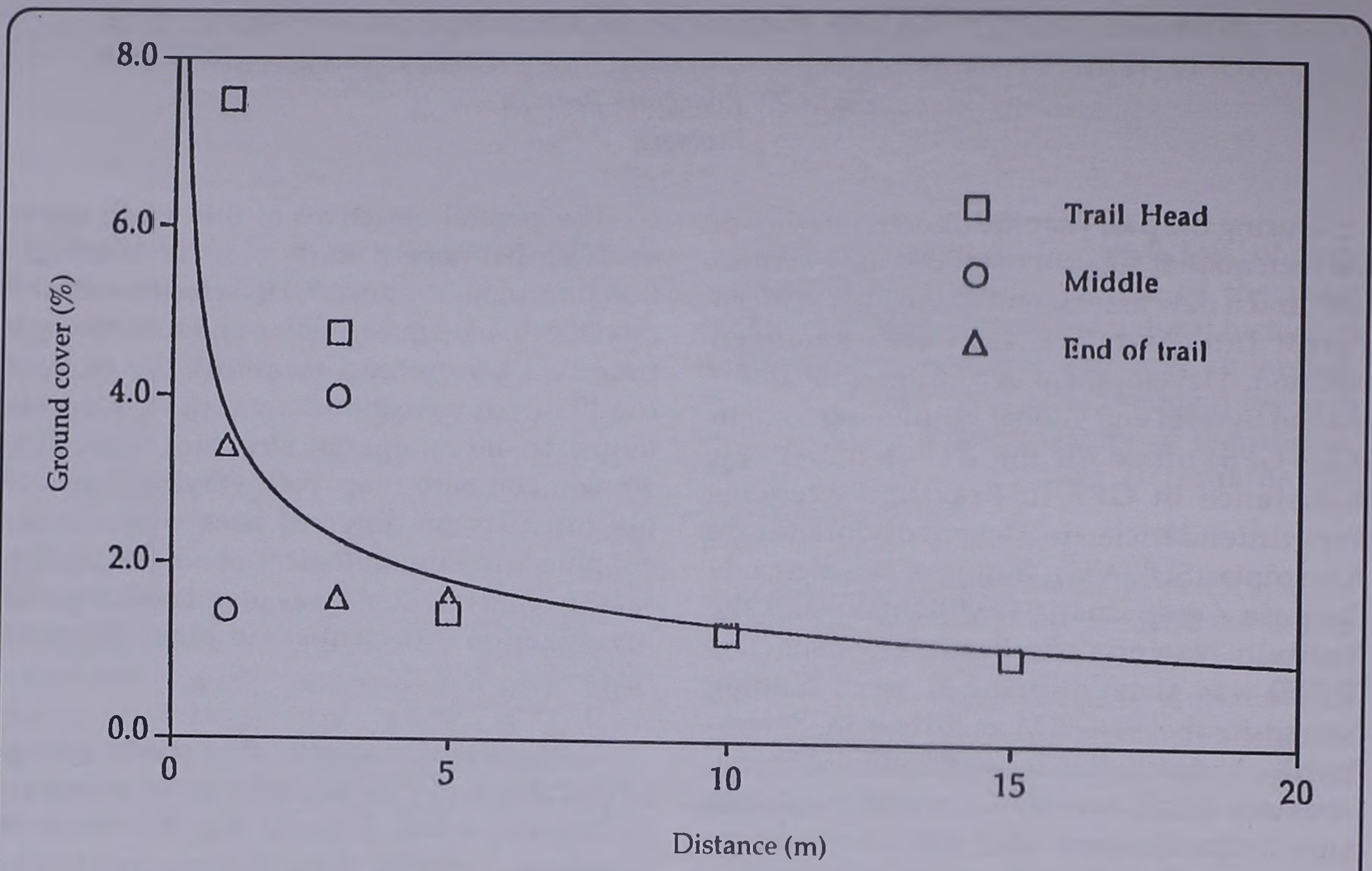


Figure 1. —*Percentage of ground cover of exotic species by distance from the center of the trail, and location along the trail (trail head, middle, and end).*

1,300 m in length and will have five to six of the abovementioned new signs in addition to two introduction/welcome signs. The old interpretative trail will be manipulated for this project. Because the number of visitors to the site is expected to increase, we established research plots where the new signs will be located. A current vegetation assessment (percentage of vegetation cover, seedlings, trees) was performed in these plots. After the establishment of the new signs we will revisit the plots and do another assessment of the same factors. Long-term measurements will follow. We will then be able to study the effects of site manipulation, recovery, and subsequent effects from the expected increase in visitors.

## BRAZIL ACTIVITIES

From May 30 to June 10 of 1994, a GPS training course was given to several Brazilian agencies in Belem, Brazil. People from the Centro de Pesquisas Agroflorestal de Amazônia of EMBRAPA, the Superintendência do Desenvolvimento de Amazônia (SUDAM), and the Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) participated. Attendees were taught general concepts in GPS, TRIMBLE GPS units with PATHLOG software, and PFINDER processing software use.

A seminar on basic GPS was presented at the Faculdade de Cîencias Agrarias do Para University (FCAP) to graduate students of forestry. This also covered general concepts of GPS as well as its application in resources management.

During the week of June 13, the author spent 2 days in the Tapajós National Forest, looking for research opportunities on sites targeted to become recreational areas. The Tapajós

National Forest (560,000 ha), part of the Brazilian National Forest system, is under the management of the Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renovaveis (IBAMA). It is located south of Santarem City, Para, bounded by the Tapajós River to the west, the Santarem-Cuiaba Highway to the east, and the Cupari River to the south (Parrotta *et al.* in press).

The Majuari community, which is one of several poor communities that exist in the forest and next to the Tapajós River, and the Sucupira station, on the opposite side of the forest, were visited. These communities survive on rubber production. Although the beautiful scenery makes this forest unique, it lacks certain conditions necessary to recreation development. For example, to access the river communities, a 4-hour boat trip is necessary. There is neither electricity nor a potable water system.

A visit to the Sucupira station requires a 3-hour trip on dirt roads. During the rainy season access is impossible. The community has no infrastructure at all. Much money and time will be necessary to develop these communities. If the existing hurdles can be overcome, the Tapajós National Forest represents a unique research opportunity. Most of it is virgin tropical forest, and very little is known of the effects of recreation activities on such areas.

The paper, "Use of GPS with LANDSAT TM images to identify main crops in farms along the Transamazônica Highway, Brazil" (Rodríguez Pedraza *et al.* 1994), was presented and published in the Proceedings of the International Symposium on Resource and Environmental Monitoring (ECO RIO' 94), held in Río de Janeiro, Brazil on September 26-30, 1994.

## LITERATURE CITED


Cole, S.N., and G.S. Schreiner. 1981. Impacts of backcountry recreation: site management and rehabilitation—an annotated bibliography. USDA Forest Service General Technical Report INT-121. Intermountain Forest and Range Experiment Station. 62 p.

Parrotta, J.A., J.K. Francis, and R. Rolo de Almeida. Trees of the Tapajós—a photographic field guide. General Technical Report IITF. New Orleans, LA: USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station. In press.

Rodríguez Pedraza, C.D., R. Walker, and P. Mourão de Oliveira. 1994. Use of GPS with LANDSAT TM images to identify main crops in farms along the Transamazônica Highway, Brazil. *In:* International Society For Photogrammetry and Remote Sensing, Proceedings ISPRS Commission VII Symposium: Resource and Environmental Monitoring; September 26-30, 1994. Río de Janeiro, Brazil. 30(7a):35-42.

# WILDLIFE RESEARCH

*Joseph M. Wunderle, Jr.*
*Research Wildlife Biologist*

During fiscal year 1994 we continued the second year of a migrant bird study as summarized below:

## WINTER DISTRIBUTION AND SURVIVAL OF NEOTROPICAL BIRD MIGRANTS IN SMALL VERSUS LARGE COFFEE PLANTATIONS IN THE DOMINICAN REPUBLIC

Many Nearctic bird migrants are sensitive to forest fragmentation in the temperate zone, as seen by decreased nest productivity in small forest fragments. Fragmentation of their tropical wintering grounds could also affect their overwinter survival. Thus, the effect of patch size on overwinter survival is a major issue for conservation of migrants in the tropics. Our current research examines this issue by using 14 shade coffee plantations in a range of sizes (0.25 to 8.5 ha), mostly isolated in pastures, to determine (1) the influence of plantation size and isolation on the diversity and abundance of wintering migrants, and (2) the overwinter site persistence of migrants, particularly Black-throated Blue Warblers (*Dendroica caerulescens*) (BtBWs) and American Redstarts (*Setophaga ruticilla*).

Point counts in 40 isolated plantations (0.09 to 8.65 ha) showed that plantation area had no effect on the number of migrant species or migrant individuals, but did have an effect on the number of resident species and individuals. A total of 10 migrant species were found in plantations, with sex ratios skewed toward males in both American Redstarts and Black-throated Blue Warblers.

Site persistence of marked sedentary birds was quantified by determining the percentage of sedentary birds seen in November that were encountered again in March. Depending on the species, 62 to 79 percent of the November sedentary birds were still present in March. This percentage range is comparable to that found in native forests on Jamaica (Holmes *et al*. 1989). For BtBWs the value of 79 percent (N=55) was higher than in Jamaica (66 percent) or Puerto Rico (42 to 68 percent, Wunderle, ms). For redstarts, the 64-percent persistence rate (N=28) was lower than in Jamaica (79 percent). The higher redstart turnover in our study areas is due to the disappearance of adult males (only 55 percent remained versus 87 percent on Jamaica) because females were more persistent in coffee (87 percent) than in Jamaican forests (70 percent). Thus overwinter site persistence in small plantations is comparable to, and in some cases higher than, that seen in extensive forests in the Caribbean.

Overwinter site persistence of BtBWs did not differ between four large and nine small plantations in BtBWs (70 percent in large vs 71 percent in small), and of redstarts only slightly (66 percent in large vs 60 percent in small). Measures of body fat, weight, and growth rate of induced tail feathers ("ptilochronology") did not differ between large and small plantations and thus did not indicate food stress. Therefore, low annual return rates (March to November 1993) for BtBWs (24 percent, N=55) and redstarts (22 percent, N=32) were unexpected, although they fell within the range of yearly variations in native forests. These low values may indicate mortality during migration or at the breeding site.

Thus, we tentatively conclude that the high densities and high overwinter persistence rates of these two migrants in small habitat fragments (0.25 to 8.65 ha) suggest that fragmentation in the wintering grounds is less important than in the breeding grounds, where these species are rarely found in fragments of less than 100 ha.
This work has been funded by a grant from the US National Fish and Wildlife Foundation and the MacArthur Foundation.

## ADDITIONAL PROJECTS

During this period, six papers were published on subjects reviewed in earlier annual letters. We summarized our habitat surveys of migrant land bird distribution in the Greater Antilles and Bahamas (Wunderle and Waide 1993). We discussed their future prospects in the Caribbean and offered conservation recommendations (Wunderle and Waide 1994). Our hurricane studies have contributed to management recommendations for migrant land birds wintering in the Caribbean (Rotenberry *et al.* 1993) and to the first literature review of hurricane effects on both resident and migrant birds (Wiley and Wunderle 1993). The proposed transfer of Puerto Rican Parrots to a mainland zoo triggered an analysis and critique of the metapopulation concept as applied to captive populations (Wilson *et al.* 1994). As this analysis demonstrates, the recommended parrot transfer carried an increased risk of disease and the potential to reduce mating success by limiting the pool of males from which a female could select a mate. Finally, the standard census methods used for counting land birds were summarized and instructions and recommendations have been provided for use by wildlife biologists and managers in the Caribbean (Wunderle 1994).

## LITERATURE CITED


Holmes, R.T., T.W. Sherry, and L. Reitsma. 1989. Population structure, territoriality and overwinter survival of two migrant warbler species in Jamaica. Condor 91:545-561.

Rotenberry, J.T., R.J. Cooper, J.M. Wunderle, and K.S. Smith. 1993. Incorporating effects of natural disturbances in managed ecosystems. Pages 103-108 *in* D.M. Finch and P. Stangel, editors. Status and management of neotropical migratory birds; 1992 September 21-25; Estes Park, CO. General Technical Report RM-229. Fort Collins, CO: USDA Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station.

Wiley, J. and J.M. Wunderle. 1993. The effects of hurricanes on birds with special reference to Caribbean islands. Bird Conservation International 3:319-349.

Wilson, M.H., N.F.R. Snyder, S.R. Derrickson, F.J. Dein, J.W. Wiley, J.M. Wunderle, C.B. Kepler, A.E. Lugo, D.L. Graham, and W.D. Toone. 1994. Puerto Rican Parrots and potential limitations of the metapopulation approach to species. Conservation Biology 8:114-123.

Wunderle, J.M. and R.B. Waide. 1993. Distribution of overwintering Nearctic migrants in the Bahamas and Greater Antilles. Condor 95:904-933.

Wunderle, J.M. and R.B. Waide. 1994. Future prospects for overwintering Nearctic migrants in the Caribbean. Bird Conservation International 4:71-87.

Wunderle, J.M. 1994. Census methods for Caribbean land birds. General Technical Report SO-98. New Orleans, LA: USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 26 p.

# WILDLIFE RESEARCH

*Robert A. Askins and David N. Ewert*
*Wildlife Biologists*
*Connecticut College*
*and*
*The Nature Conservancy*

During January 1994 we completed a study of the feeding behavior and prey availability of winter-resident warblers on St. John, US Virgin Islands. This study was based on methods developed during a pilot study we completed in 1993. In addition, we assessed the abundance of winter-resident migrants on St. John, continuing a standardized survey initiated in 1987. The major goal in 1994 was to perfect methods for measuring prey availability of winter-resident warblers in order to (1) help interpret changes in warbler populations in Virgin Islands National Park and (2) permit comparisons of habitat quality for different habitats and different Caribbean islands.

In 1993 we compared two insect sampling methods: deployment of Malaise traps and visual inspections of leaves in the shrub layer. We used these methods in the two dominant terrestrial habitats on St. John: moist tropical forest and dry woodland. Malaise traps primarily caught free-flying dipterans, many of which were relatively large. Observations of foraging indicated that these insects are probably not important prey for winter-resident warblers. Moreover, the insects sampled by Malaise traps were less abundant in moist forest, where wintering warblers were concentrated, than in dry woodland, where there were few warblers. Consequently, we concluded that Malaise traps did not sample the prey of warblers effectively, and we did not continue using them in 1994.

Leaves were the primary foraging substrate for most species of warblers, so visual surveys of leaf arthropods should provide an estimate of prey abundance. Surveys in 1993 showed that leaf arthropods were significantly more abundant in moist forest, where warblers are most abundant, than in dry woodland. These surveys sample insects only in the shrub layer, however, and our foraging behavior study indicated that most species foraged primarily in the canopy. We therefore decided to sample leaf insects in both the shrub layer and the canopy in 1994.

## METHODS

Foraging behavior: We recorded the microhabitats and feeding techniques of foraging warblers. Foraging movements and substrates were recorded using a cassette tape recorder. Foraging heights were determined to within one meter with a range finder and clinometer. To insure independence of observations, only information about the first feeding technique observed and the associated substrate was used in statistical analyses of foraging methods. We made observations at 10 different sites to avoid recording observations from the same individuals repeatedly.

Shrub-layer insect abundance: We used a modified version of the visual leaf sampling ("leaf turning") method to sample leaf insects. Because of the great variation in leaf sizes in a tropical forest, we found that it was better to standardize in terms of observation time (number of insects per minute) rather than in terms of the number of leaf samples (number of insects per leaf). At each station, we inspected the upper and lower surfaces of all leaves in a line at breast height during a 2-minute period. Insects, spiders, and snails were counted, and insects were classified to order. We completed surveys at 140 stations in moist forest and at 60 stations in dry woodland.

Canopy insect abundance: We sampled leaf insects in the canopy by raising a net with

extension poles and placing it over a branch that was 7 to 8 m above the ground. The net contained a plastic kitchen bag with a drawstring that was pulled tight around the base of the branch to trap flying insects. The branch was cut using pole clippers so that the bag fell to the forest floor. Insects, spiders, and snails on the leaves and in the bag were counted, and insects were classified to order. One canopy sample was taken at each of the 200 stations surveyed for shrub insects.

Bird abundance: We used fixed-radius point counts to estimate the relative abundance of birds at 40 points in moist forest and at 22 points in dry forest. Surveys were completed at the same marked points in 1990, 1992, and 1993, and in the same general locations in 1987. We recorded all birds detected within 25 m of the survey point during a 10-minute observation period. Surveys were completed between 0630 and 0930 hours.

## RESULTS AND DISCUSSION

Abundance of migrants: Our surveys indicate that the overall abundance of winter-resident warblers has tended to decline since 1987 (fig. 1). Much of this change is due to the lower abundance of Northern Parula, which declined in moist forest from 0.8 per survey point in 1987 to 0.2 per survey point in 1994. We have not been monitoring migrant populations long enough, however, to permit a meaningful analysis of population trends.

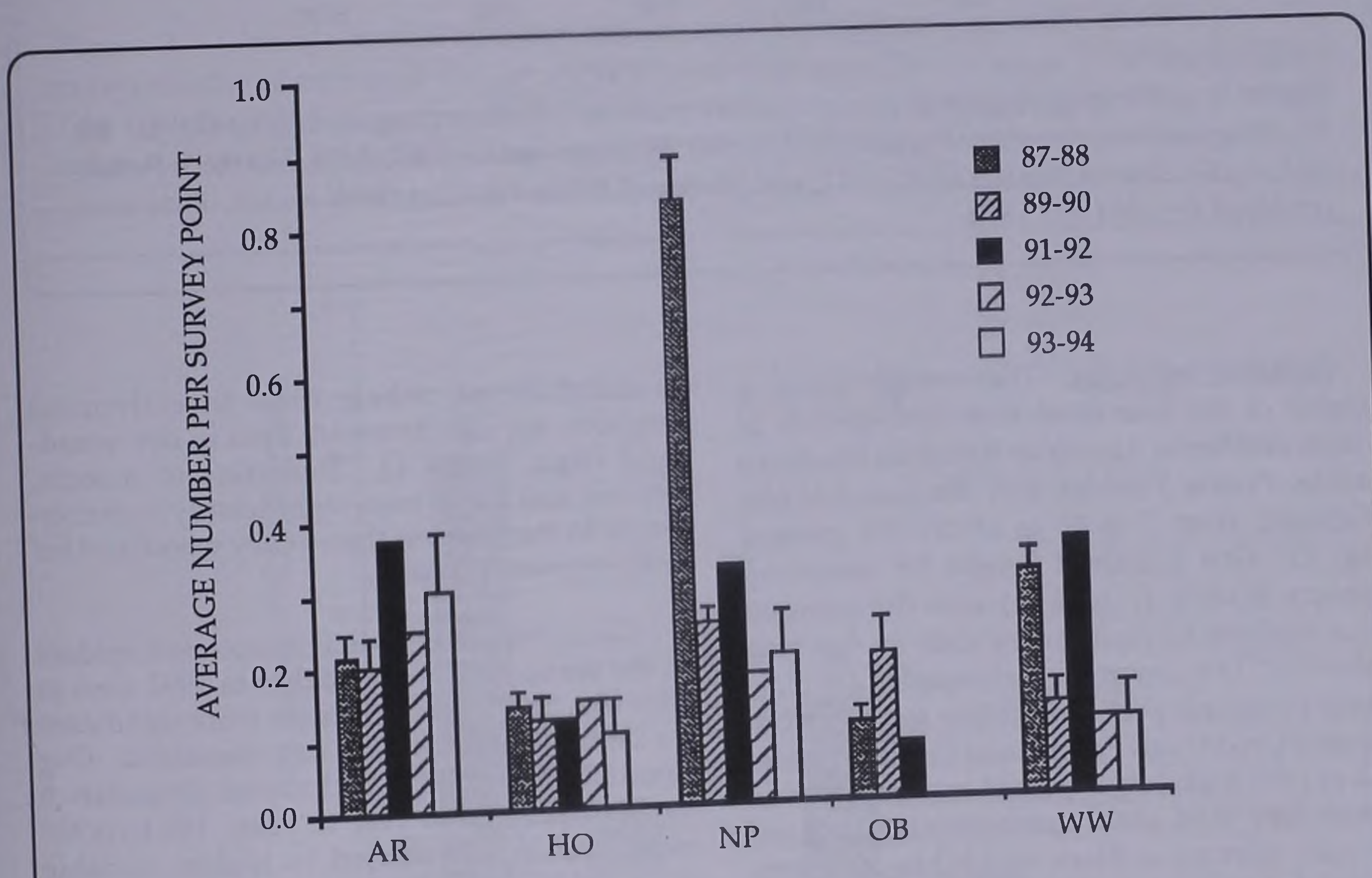


Figure 1. —*Changes in the abundance of the five most frequent species of winter-resident warblers between 1987 and 1994. Abundance is measured as number of individuals per survey point. Species are designated as follows: AR - American Redstart (Setophaga ruticilla), HO - Hooded Warbler (Wilsonia citrina), NP - Northern Parula (Parula americana), OB - Ovenbird (Seiurus aurocapillus), WW - Black-and-White Warblers (Mniotilta varia).*

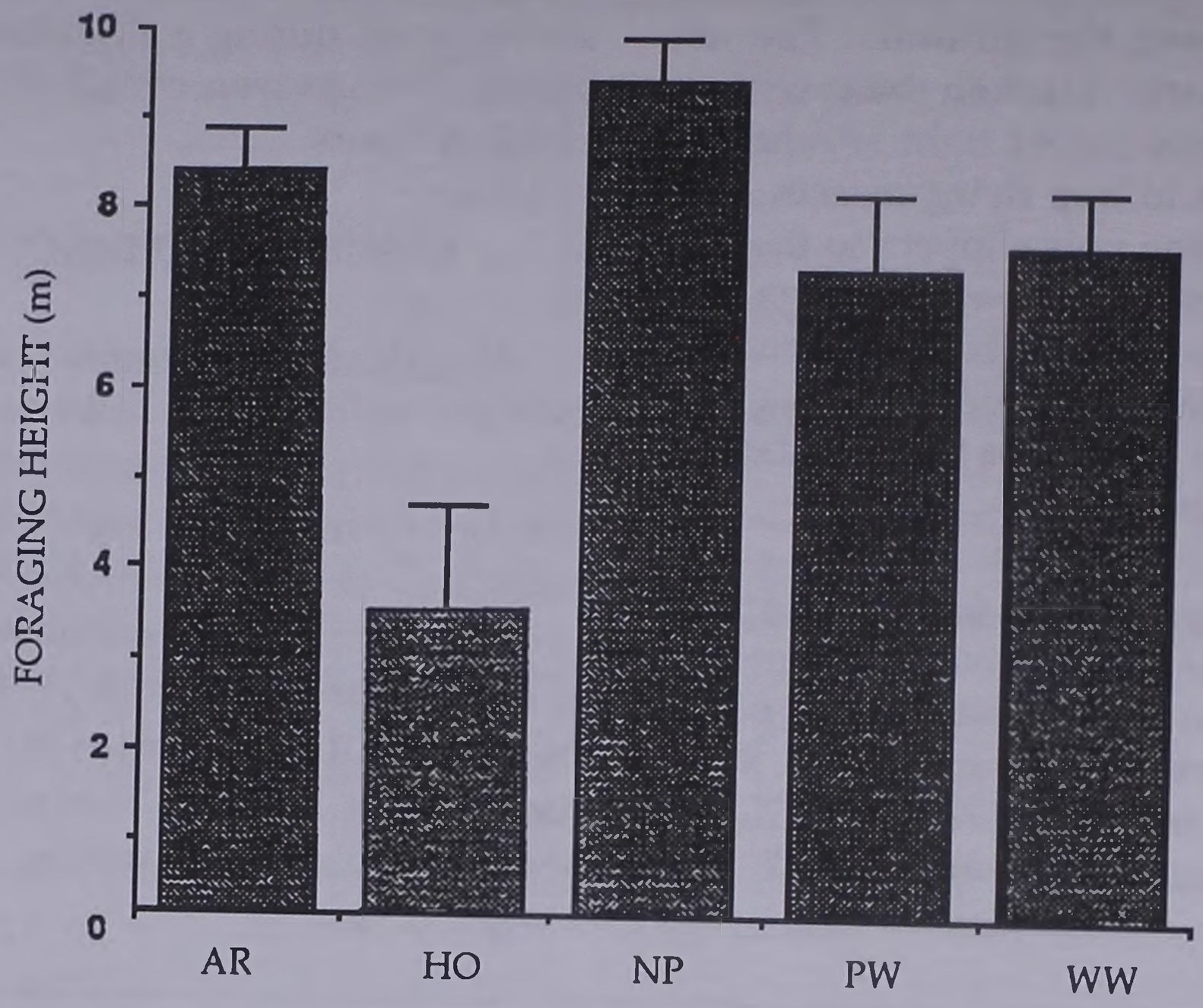


Figure 2. —*Foraging heights of winter-resident warblers. Average foraging heights (m) for the following species: American Redstart (AR, n=54), Hooded Warbler (HO, n=8), Northern Parula (NP, n=50), Prairie Warbler (PW, n=17, and Black-and-White Warblers (WW, n=40). Data were combined for 1993 and 1994.*

Foraging behavior: The average foraging heights of the four most abundant species of winter residents, American Redstart, Northern Parula, Prairie Warbler, and Black-and-White Warblers, were 7 to 10 m above the ground (fig. 2). Our standard height for sampling canopy insects (7 to 8 m) was determined after analysis of preliminary data on foraging behavior. The canopy insect samples are most likely to sample prey availability for American Redstart, Northern Parula, and Prairie Warbler (all of which usually captured leaf insects even when they used aerial maneuvers) but are not directly relevant to Black-and-White Warblers, which fed primarily on bark insects. The shrub insect samples are most likely to reflect prey availability for Hooded Warbler, which forages for leaf insects primarily in the understory.

Leaf insects: Both shrub layer and canopy samples indicate that prey are more abundant in moist forest, where most insectivorous migrants are concentrated, than in dry woodland (figs. 3 and 4). Densities of insects, spiders, and snails were significantly higher on leaves in moist forest than in dry woodland for both vegetation layers.

Densities of individual insects and spiders in the shrub layer were higher in 1994 than in 1993 (fig. 3). These differences were significant for both moist forest and dry woodland. Our results suggest that arthropod abundance varies greatly from year to year. We hypothesize that this is related to highly variable rainfall during the dry season, the period when winter residents are present in the Virgin Islands.

## CONCLUSIONS

Using information on feeding substrates and foraging behavior, we have developed

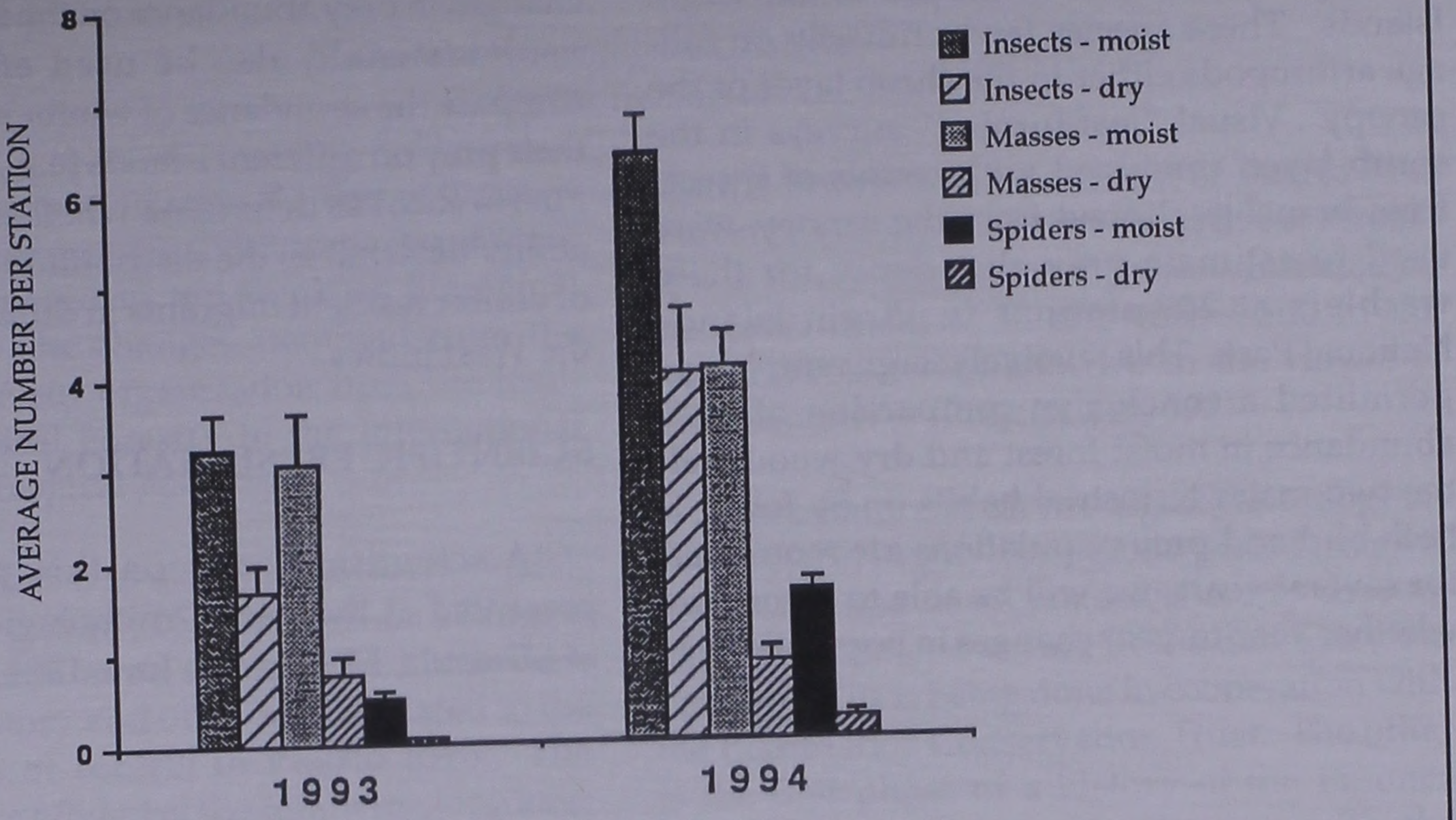


Figure 3. —*Average number of arthropods per station for leaf surveys in the shrub layer. The average number of arthropods was calculated separately for moist forest ("moist") and dry woodland ("dry") for the following groups: individual insects ("insects"); spiders; and aggregations of minute insects such as aphids (Aphididae) or mealy bugs (Pseudococcidae), or of insect eggs ("masses").*

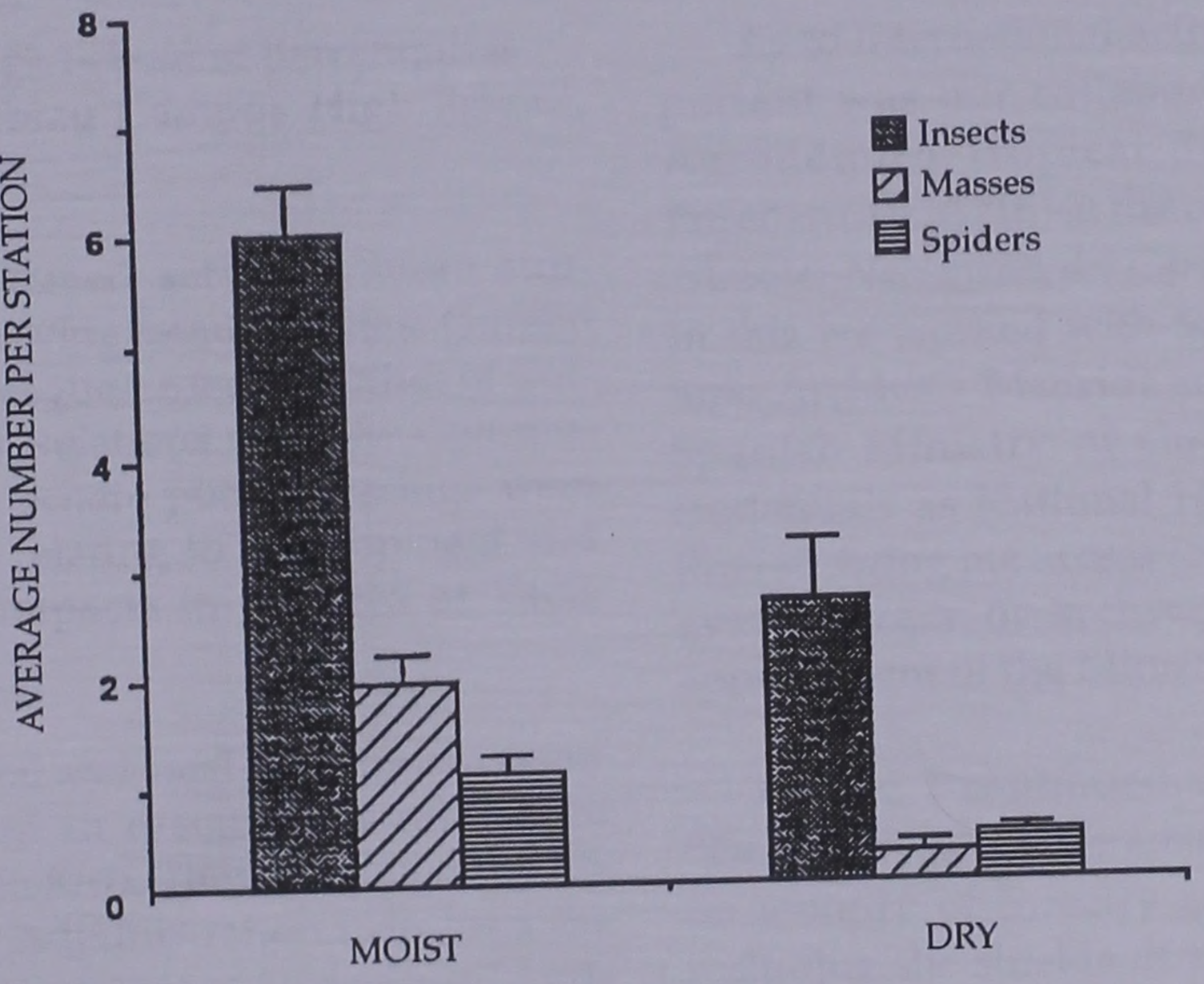


Figure 4. —*Average number of arthropods per station for leaf surveys of the canopy. The average number of arthropods was calculated separately for moist forest ("moist") and dry woodland ("dry") for the same groups listed in figure 3.*

methods for estimating the prey availability for most species of winter-warblers in the Virgin Islands. These species feed primarily on foliage arthropods either in the shrub layer or the canopy. Visual "leaf-turning" surveys in the shrub layer, combined with counts of insects from branches clipped from the canopy, were used to estimate prey abundance for these warblers at 200 stations in Virgin Islands National Park. This relatively large sample size permitted a conclusive comparison of prey abundance in moist forest and dry woodland, the two major terrestrial habits on St. John. If both bird and prey populations are monitored for several years, we will be able to determine whether year-to-year changes in populations of winter residents on St. John are associated with changes in prey abundance on the island. These methods could also be used effectively to compare the abundance of winter residents and their prey on different islands (e.g., St. John and Puerto Rico) to determine whether prey availability determines the distribution and density of winter resident migrants in different parts of the West Indies.

## SCIENTIFIC PRESENTATION

A scientific poster on this project was presented at the Joint Ornithological Meeting at Missoula, Montana in June 1994.

# OTHER ACTIVITIES

*Carlos M. Domínguez Cristóbal*
*Biological Technician*

During the period from the first of October 1993 to September 30, 1994 some significant changes occurred in my work as Biological Technician. The changes stemmed from the expansion of our organization from the Institute of Tropical Forestry to the International Institute of Tropical Forestry.

This period was also one of major expositions for the public education system of Puerto Rico. I lectured at six educational institutions on forest history and other topics related to the importance of forests in Puerto Rico. The lectures were offered at the following locations:

East University College, Carolina Campus
Pontificial Catholic University of Puerto Rico, Mayagüez Campus
Interamerican University, Metropolitan Campus
University of Puerto Rico, Río Piedras Campus
Vocational High School of Barranquitas
Dr. Pedro Albizu Campos High School, Levittown.

Community-based activities were supported by the following municipalities: Gurabo (Police Athletic League); Arecibo (Office of Cultural Affairs and Relations with the Community); and Loíza, where public hearings were held on projects relating to development and environmental impacts in the area of Vacía Talega-Piñones.

Several federal and local government agencies participated in discussions related to forestry in Puerto Rico. These included the US Food and Drug Administration (San Juan the Puerto Rico), Department of Agriculture (Agriculture Museum) and the Environmental and Natural Resources Department of Puerto Rico (Forest Division). I was involved in the discussion of three congressional projects initiated by the government of Puerto Rico: one in the Senate (Project 176) and two in the House of Representatives (Projects 818, 883).

Work continues on two significant cooperative projects begun during this period. One is the first phase of an historical study dealing with land use and tenure in the San Cristóbal Canyon. This is being done in cooperation with the Puerto Rico Conservation Trust. The other is the first phase of a history of the Piñones Forest, being done in cooperation with the Environmental and Natural Resources Department of Puerto Rico. Forest history research done in the United States was channeled through Princeton University and the Center for Puerto Rican Studies of Hunter College in New York.

As to international activities, the most important was our collaboration with Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) in the completion of a book "*Árboles Nacionales del Caribe y Latinoamérica*". In this we worked with Spain (National Historic Archive - Madrid) and Costa Rica. The Spanish Ministry of Culture renewed my credentials as National History Investigator, thus allowing me access to historical studies in every library or archive that is under the appointment of the Ministry of Culture.

Finally, I continued working on a book, "*Panorama histórico forestal de Puerto Rico*", and on a study of forestry and heraldic history including the shields of all the municipalities of Puerto Rico.

Table 1. —*IITF Cooperative Agreements.*

| COOPERATOR | PROJECT |
|---|---|
| Caribbean Natural Resources Institute | Cottage Forest Industry project in Dominica |
| Colorado State University | Measurement of economic benefits of the ecological integrity of the Río Mameyes in Puerto Rico |
| US Fish and Wildlife Service and Puerto Rico Dept. of Natural Resources | Puerto Rican Parrot Recovery project |
| Florida State University | Tropical forest management and small producers in Brazil |
| Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas | Research on the structure and function of mangrove forest species |
| International Society of Tropical Foresters | Production, translation, and distribution of ISTF newsletter |
| Governments of Antigua and Montserrat | Conservation and reforestation projects |
| Michigan State University | Research on recovery of and changes in the Guánica dry forest, Puerto Rico |
| National Aeronautics and Space Administration University of New Hampshire | Research on nitrous oxide emissions from tropical agricultural soils in Costa Rica |
| National Fish and Wildlife Foundation | Research on migrant birds in the Dominican Republic |
| Governments of the US VIs | Rural fire prevention/protection assistance |
| Organization for Tropical Studies (Duke University/US Environmental Protection Agency | Research on ecosystem studies in humid forests in Costa Rica |
| Texas Tech. University | Maintenance of forest wildlife diversity in the Tapajós National Forest in Brazil |
| United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization | Publication of proceedings from a seminar held in Brazil on management and rehabilitation of degraded lands |

Table 1. —*IITF Cooperative Agreements (Continued).*

| COOPERATOR | PROJECT |
|---|---|
| University of Colorado / University of Connecticut and University of Florida | Research on low-flow predictions for streams draining from the CNF; research on the cooperative agroforestry management and Terra Firma soil properties of the Amazon Basin of Brazil |
| University of Florida | Exploration of energy characteristics of tropical reforestation systems |
| University of Illinois | Research on the long-term dynamics of forest stands in Venezuela |
| Woods Hole Institute | Research in Costa Rica and Brazil |

Table. 2. —*IITF Activity Highlights.*

| COMMONWEALTH ACTIVITIES | NATIONAL ACTIVITIES | INTERNATIONAL ACTIVITIES |
|---|---|---|
| - Assisted high schools in Barranquitas and Naranjito, Puerto Rico, to cooperate on chemical and biological studies.<br><br>- Conducted Forestry Administration course in Guánica, Puerto Rico, with participants from various tropical countries.<br><br>- Sponsored the 80th Anniversary of the New York Scientific Survey of Puerto Rico and the Virgin Islands.<br><br>- Participated in a planning and advisory committee on minority research in Mayagüez, Puerto Rico.<br><br>- Participated in a research project on global change in San Juan, Puerto Rico. | - Attended the 10th International Seminar on Forest Administration and Management in Washington, DC.<br><br>- Conducted field research on neotropical migrant land birds in St. John, Virgin Islands.<br><br>- Presented information at a seminar for ecology and evolutionary biology in Champaign, Illinois.<br><br>- Participated in a SCOPE/GBA Asilomar conference in San Francisco, California.<br><br>- Sent a representative from the Puerto Rico Department of Environmental Natural Resources to attend a national Forest Stewardship conference in Omaha, Nebraska.<br><br>- Attended International Cooperator meeting in Washington, DC.<br><br>- Attended an urban forestry council meeting at St. Thomas, Virgin Islands.<br><br>- Provided urban forestry training at a workshop in St. Croix and St. Thomas of the Virgin Islands. | - Sponsored a visiting scientist from the People's Republic of China to compare ecological differences between Ding Hu Shan Biosphere Reserve and the Luquillo Biosphere Reserve.<br><br>- Gave presentations at the XXVII Congress of Scientific Research and at the Fifth International Mycological Congress in Vancouver, British Columbia, Canada.<br><br>- Presented papers at the British Mycological Society Tropical Rain Forest Expedition Meeting at the Royal Botanic Gardens, in Kew, England.<br><br>- Continued collaborative efforts with members of the British Mycological Society and the Mycological Society of America.<br><br>- Attended a FAO Latin American Forestry Commission meeting in Punta del Este, Uruguay.<br><br>- Participated in Forest Service group conferences with CIFOR in Jakarta, Indonesia.<br><br>- Participated in a workshop on tropical forestry research in San José, Costa Rica. |

Table. 2. —*IITF Activity Highlights (Continued).*

| COMMONWEALTH ACTIVITIES | NATIONAL ACTIVITIES | INTERNATIONAL ACTIVITIES |
|---|---|---|
| | - Attended a meeting on Urban Forestry in New Orleans, Louisiana. | - Conducted a series of seminars on nutrition cycles of native forests in Buenos Aires, Argentina. |
| | - Attended a meeting of the International Society of Tropical Foresters in Washington, DC. | - Sponsored the Caribbean Foresters Meeting in Kingston, Jamaica. |
| | - Presented a seminar on the Pearly-eyed Thrasher in Madison, Wisconsin. | - Attended the international forum on biodiversity in Paris, France and London, England. |
| | - Sponsored a Puerto Rico Department of Environment and Natural Resources employee to attend an urban forestry institute sponsored by the University of Florida and USDA Forest Service. | - Attended the International Society of Arboriculture in Halifax, Nova Scotia. |
| | - Participated in a global change meeting in Boston, Massachusetts. | - Monitored progress on the Cottage Industries Project in Dominica. |
| | - Visited National Center for Atmospheric Research in Denver, Colorado to collaborate with scientists. | - Presented lectures on Secondary Forest Management at San José, Costa Rica. |
| | - Presented a poster at the 5th Biennial USDA Remote Sensing Applications meeting in Portland, Oregon. | - Participated in the technical review of forestry policy development in Bogotá, Colombia. |
| | - Attended a meeting on bird protection at the Board of Directors, Pan American Council, in Washington, DC. | - Traveled to Barbados to consult with USAID missions. |
| | | - Participated in the CARICOM/TFAP Round table meeting of donors in Port of Spain, Trinidad. |
| | | - Presented a paper at the Society of Caribbean Ornithologists meeting in Fort-de-France, Guadeloupe. |

Table. 2. —*IITF Activity Highlights (Continued).*

| COMMONWEALTH ACTIVITIES | NATIONAL ACTIVITIES | INTERNATIONAL ACTIVITIES |
|---|---|---|
| | | - Reviewed US Man and Biosphere projects in Flores, Brazil.<br>- Conducted field work on effects of deforestation on soil emissions and greenhouse gases in Costa Rica.<br>- Attended a workshop on ecological objectives and design for the Amazonian basin in Sao Paulo, Brazil.<br>- Traveled to Santo Domingo and Jarabacoa in the Dominican Republic to conduct research on migrant birds in coffee plantation and to assess threatened and endangered species.<br>- Sponsored an intern from Brazil to conduct tropical forestry research in Puerto Rico.<br>- Conducted field work in the Tapajós National Forest in Santarém, Brazil.<br>- Collaborated with researchers in New Dehli, India.<br>- Provided training for the use of GIS by EMBRAPA/SUDAM in Belém and Manaus, Brazil. |

Table. 2. —*IITF Activity Highlights (Continued).*

| COMMONWEALTH ACTIVITIES | NATIONAL ACTIVITIES | INTERNATIONAL ACTIVITIES |
|---|---|---|
| | | - Presented information on research in the Bisley watershed of the Luquillo Experimental Forest at a conference in Amsterdam, The Netherlands.<br><br>- Attended a workshop on ecosystem function in Oaxtepec, México.<br><br>- Participated in the annual tropical biologists meeting in Guadalajara, México.<br><br>- Participated in a meeting on long-term research in Bogor, Indonesia.<br><br>- Assisted the National Forests of Texas with their Sister Forest program in Panamá.<br><br>- Reviewed line planting project in the Dominican Republic.<br><br>- Reviewed international cooperation projects in Antigua and Montserrat.<br><br>- Lectured at the International Ornithological Congress in Vienna, Austria. |

Table 3. —*IITF Travel Summary.*

| RESEARCH | INTERNATIONAL COOPERATION |
|---|---|
| - Participated in FAO's Latin American Forestry Commission meeting in Punta del Este, Uruguay. | - Attended International Society of Arboriculture meeting. |
| - Represented the Forest Service in a meeting with CIFOR and the US Forest Service in Jakarta, India. | - Monitored progress of the Cottage Forest Industries Project in Dominica. |
| - Participated in a workshop on tropical forestry research in San José, Costa Rica. | - Presented lectures on secondary forest management in San José, Costa Rica. |
| - Offered a series of seminars on nutrition cycles of native forests in Buenos Aires, Argentina. | - Provided technical review of forestry policy development in Bogotá, Colombia. |
| - Participated in an international forum on biodiversity in Paris, France and London, England. | - Consulted with USAID Mission in Barbados. |
| - Presented a paper at the Society of Caribbean Ornithologists meeting in Fort-de-France, Guadeloupe. | - Attended a CARICOM/TFAP round table meeting of donors in Kingston, Jamaica. |
| - Attended a workshop on ecological objectives and design for the Amazonia region in Sao Paulo, Brazil. | - Sent cooperator to attend a national conference on Forest Stewardship in Omaha, Nebraska. |
| - Continued research on effects of deforestation on atmospheric conditions in Costa Rica. | - Attended International Cooperator meeting in Washington, DC. |
| - Conducted field work in the Tapajós National Forest of Santarém, Brazil. | - Attended Federal Emergency Management Agency (FEMA) meeting on the emergency response plan. |
| - Conducted collaborative research in India and lectured at various conferences in Europe. | - Attended USVI Urban Forestry Council Meeting. |
| - Provided training for use of GIS software in EMBRAPA/SUDAM in Belém, Brazil. | - Attended an International Society of Tropical Foresters in Washington, DC. |
| - Attended a community-of-interest workshop on tropical forestry research in San José, Costa Rica. | - Attended an ISTF meeting and Forest Service meeting in Columbus, Mississippi. |
| | - Attended a global issues conference in Washington, DC. |
| | - Attended Urban Forestry Institute meeting sponsored by the University of Florida and the USDA Forest Service in Savannah, Georgia. |

able 3. —*IITF Travel Summary (Continued).*

| RESEARCH | INTERNATIONAL COOPERATION |
|---|---|
| Made a presentation on the Bisley watershed in Amsterdam, The Netherlands.<br><br>Attended a workshop on ecosystem function in Oaxtepec, México.<br><br>- Participated in an annual tropical biologist meeting in Guadalajara, México.<br><br>- Traveled to Bogor, Indonesia to represent International Forestry on long-term research.<br><br>- Assisted the National Forest of Texas on a sister forest project in Panamá.<br><br>- Reviewed line plantings in the Dominican Republic.<br><br>- Reviewed projects on the islands of Antigua and Montserrat.<br><br>- Assessed threatened and endangered wildlife species in the Dominican Republic.<br><br>- Conducted research on migrant birds in coffee plantations in the Dominican Republic.<br><br>- Presented information at the International Ornithological Congress in Vienna, Austria.<br><br>- Conducted genetic analysis research in Athens, Georgia.<br><br>- Conducted a lecture series in Columbia, Georgia.<br><br>- Attended a national silvicultural meeting in Asheville, NC and Tallahassee, Florida.<br><br>- Made presentation at the University of Illinois at a seminar for ecology and evolutionary biology. | - Continued research on neotropical migratory birds at St. Thomas, VI. |

Table 3. —*IITF Travel Summary (Continued).*

| RESEARCH | INTERNATIONAL COOPERATION |
|---|---|
| - Attended a planning and advisory committee of the Minority Research Center meeting in Mayagüez, Puerto Rico. | |
| - Reviewed the Savannah River Site Program at Augusta, Georgia. | |
| - Attended 80th anniversary of the New York Academy of Scientific Survey of Puerto Rico and the Virgin Islands. | |
| - Presented a seminar on the Pearly-eyed thrasher in Madison, Wisconsin. | |
| - Conducted field research on neotropical migratory birds in St. John, Virgin Islands. | |
| - Presented a paper on the ecological history of the Luquillo Experimental Forest in Denver, Colorado. | |
| - Attended a Minorities in Agriculture and Natural Resources conference in Sacramento, California. | |
| - Presented information at a Fire and Forest Meteorology Symposium at Jekyll Island, Georgia. | |
| - Attended a Global Change meeting in Boston, Massachusetts. | |
| - Worked with National Center for Atmospheric Research scientists in Denver, Colorado. | |
| - Participated in the American Ornithological Union meeting in Missoula, Montana. | |
| - Presented a paper at the 5th Biennial USDA Forest Service Remote Sensing Application meeting in Portland, Oregon. | |
| - Presented a paper at the Forest Service Symposium on Brazil in San Francisco, California. | |

**Appendix**
**Apéndice**

A. Recent Publications of the International Institute of Tropical Forestry
(Numbers indicate reprints available for distribution).
Publicaciones recientes del Instituto Internacional de Dasonomía Tropical
(Los números indican disponibilidad de separatas para distribución).

Asbury, C.E., W.H. McDowell, R. Trinidad and S. Berríos. 1994. Solute deposition from cloud water to the canopy of a Puerto Rican montane forest. Atmospheric Environment 28(10):177-1780.

Basnet, K. 1992. An experimental study of the slope stability of the rain forest in Puerto Rico. Tropical Ecology 33(2):181-185.

Basnet, K. 1993. Controls of environmental factors on pattern of montane rain forest in Puerto Rico. Tropical Ecology 34(1):51-63.

Brown, S., L.R. Iverson, A. Prasad and A.E. Lugo. 1993. Estimating biomass change of tropical forests. CDIAC Communications 7-8.

Brown, S. and A.E. Lugo. 1994. Rehabilitation of tropical lands: a key to sustaining development. Restoration Ecology 2(2):97-111.

Brown, S., L.R. Iverson and A.E. Lugo. 1994. Land-use and biomass changes of forests in peninsular Malaysia from 1972 to 1982: a GIS approach. Pages 117-143 *in* V.H Dale, editor. Effects of land-use on atmospheric $CO^2$ concentrations: south and southeast Asia as a case study. Springer-Verlag, New York.

001 Chinea, J.D., R.J. Beymer, C. Rivera, I. Sastre and F.N. Scatena. 1993. An annotated list of the flora of Bisley area, Luquillo Experimental Forest, Puerto Rico, 1987 to 1992. General Technical Report SO-94. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, International Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 12 p.

002 Francis, J.K. 1993. *Acrocomia media* O.F. Cook. Corozo. Palmaceae. Palm family. SO-ITF-SM-68. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, International Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 4 p.

003 Francis, J.K. 1993. *Alchornea latifolia* Sw. Achiotillo. Euphorbiaceae. Spurge family. SO-ITF-SM-60. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, International Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 5 p.

004 Francis, J.K. 1993. *Bambusa vulgaris* Schrad ex Wendl. Common bamboo. Gramineae. Grass family. Bambsoideae. Bamboo subfamily. SO-ITF-SM-65. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, International Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 6 p.

005 Francis, J.K. 1993. *Clusia rosea* Jacq. Cupey. Clusiaceae. Clusia family. SO-ITF-SM-69. United States Department of Agriculture, Forest Service Southern Forest Experiment Station, International Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 4 p.

006 Francis, J.K. 1993. *Guaiacum officinale* L. Lignumvitae, Guayacán. Zygophyllaceae. Caltrop family. SO-ITF-SM-67. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, International Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 4 p.

Francis, J.K. 1993. Leucaena leucocephala established by direct seeding in prepared seed spots under difficult conditions. Nitrogen Fixing Tree Research Reports 11:91-93.

007 Francis, J.K. and A.J.R. Gillespie. 1993. Relating gust speed to tree damage in Hurricane Hugo, 1989. Journal of Arboriculture 19(6):368-373.

008 Francis, J.K. and A. Rodríguez. 1993. Seeds of Puerto Rican trees and shrubs: second installment. Research Note SO-374. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, New Orleans, Louisiana. 5 p.

009 Francis, J.K. 1994. *Inga fagifolia* (L.) Willd. Guamá. Leguminosae (Mimosoideae) Legume family. SO-ITF-SM-72. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, International Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 4 p.

010 Francis, J.K. and S. Alemañy. 1994. *Juglans jamaicensis* C. DC. Nogal. Juglandaceae. Walnut family. SO-ITF-SM-73. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, International Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 4 p.

011 Francis, J.K., C. Rivera and J. Figueroa. 1994. Toward a woody plant list for Antigua and Barbuda: past and present. SO-GTR-102. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, International Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 28 p.

Gannon, M.R., K. Pardieck, M.R. Willig and R.B. Waide. 1993. Movement and home range of the Puerto Rican Screech-Owl (Otus nudipes) in the Luquillo Experimental Forest. Caribbean Journal of Science 29(3-4):174-178.

García, D.C. and F.N. Scatena. 1994. The effect of human activity on the structure and composition of a tropical forest in Puerto Rico. Forest Ecology and Management 63:57-78.

Hamilton, L.S., J.O. Juvik and F.N. Scatena, editors. 1993. Tropical montane cloud forests: proceedings of an international symposium, May 31-June 5, 1993, San Juan, Puerto Rico. East-West Center, Honolulu, Hawaii. 264 p.

Hamilton, L.S., J.O. Juvik and F.N. Scatena. 1993. The Puerto Rico tropical cloud forest symposium: introduction and workshop synthesis. Pages 1-12 *in* Tropical montane cloud forests: proceedings of an international symposium, May 31-June 5, 1993, San Juan, Puerto Rico. East-West Center, Honolulu, Hawaii.

Homma, A.K.O., R. Walker, F.N. Scatena, A. Conto, R. Carvalho, A. Neves, C. Palheta and A. Moreira. 1993. A dinamica dos desmatamentos e das queimadas na amazonia: uma analise microeconomica. Pages 663-676 *in* Recursos naturais ambiente e desenvolvimento sustentavel: congreso brasileiro de economia e sociologia rural, 31. Ilheus-Bahia, 1993, SOBER, Brasilia.

Homma, A.K.O., R.T. Walker, R. Carvalho, C. Ferreira, A. de Conto and A. Santos. 1994. Dinamica dos sistemas agroflorestais: o caso dos agricultores nipo-brasileiros em Tome-Acu, Para. Pages 51-63 *in* Congresso Brasileiro sobre sistemas agroflorestais, 1. Porto Velho, Brazil, 1994. Colombo, Brazil.

Iverson, L.R., S. Brown, A. Prasad, H. Mitasova, A.J.R. Gillespie and A.E. Lugo. 1994. Use of GIS for estimating potential and actual forest biomass for continental south and southeast Asia. Pages 67-116 *in* V.H. Dale, editor. Effects of land-use on atmospheric $CO^2$ concentrations: south and southeast Asia as a case study. Springer-Verlag, New York.

012 Keller, M. 1994. Biosphere-atmosphere exchange of trace gases in the tropics: evaluating the effects of land use changes. Pages 103-117 *in* R.G. Prinn, editor. Global atmospheric-biospheric chemistry. Plenum Press, New York.

Keller, M. 1994. Controls on soil-atmosphere fluxes of nitrous oxide and methane: effects of tropical deforestation. Pages 121-138 *in* R.G. Zepp, editor. Climate biosphere interaction: biogenic emissions and environmental effects of climate change. John Wiley, Boulder, Colorado.

Keller, M. and R.F. Stallard. 1994. Methane emission by bubbling from Gatun Lake, Panamá. Journal of Geophysical Research 99(D4) :8307-8319.

Keller, M., E. Veldkamp, A.M. Weitz and W.A. Reiners. 1994. Effect of pasture age on soil trace-gas emissions from a deforested area of Costa Rica. Nature 365:244-246.

Lindsey, G.D ., W.J. Arendt and J. Kalina. 1994. Survival and causes of mortality in juvenile Puerto Rican parrots. J. Field Ornithol., 65(1):76-82.

Lodge, D.J., W.H. McDowell and C.P. McSwiney. 1994. The importance of nutrient pulses in tropical forests. Tree 9(10):384-387.

Lugo, A.E. 1994. Future of tropical forests depends on skills and training. Forum for Applied Research and Public Policy 9(1):119.

Lugo, A.E. 1994. Letters to the editor. Ecological Engineering 3(2):87-89.

Lugo, A.E. and R.B. Waide. 1993. Catastrophic and background disturbance of tropical ecosystem at the Luquillo Experimental Forest. Journal of Biosciences 18(4):475-481.

Medina, E., E. Cuevas, J. Figueroa and A.E. Lugo. 1994. Mineral content of leaves from trees growing on serpentine soils under contrasting rainfall regimes in Puerto Rico. Plant and Soil 158:13-28.

013 Parrotta, J.A. 1993. *Mangifera indica* L. Mango. Anacardiaceae. Cashew family. SO-ITF-SM-63. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 6 p.

014 Parrotta, J.A. 1993. *Moringa oleifera* Lam. Resedá, horseradish tree. Moringaceae. Horseradish-tree family. SO-ITF-SM-61. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, International Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 6 p.

Parrotta, J.A. 1993. Secondary forest regeneration on degraded tropical lands: the role of plantations as "foster ecosystems". Pages 63-73 *in* H. Lieth and M. Lohmann, editors. Restoration of tropical forest ecosystems. Kluwer Academic, The Netherlands.

Parrotta, J.A. 1993. Stand development, biomass yield and nutrient partitioning in Albizzia lebbek plantations in Puerto Rico. Pages 649-665 *in* D.K. Khurana and P.K. Khosla, editors. Agroforestry for rural needs, vol. II. Indian Society of Tree Scientists, Solan, India.

015 Parrotta, J.A. 1994. Application of $^{15}N$-enrichment methodologies to estimate nitrogen fixation in Casuarina equisetifolia. Canadian Journal of Forest Research 24(2):201-207.

016 Parrotta, J.A. 1994. *Artocarpus altilis* (S. Park.) Fosb. Breadfruit, Breadnut. Moraceae. Mulberry family. SO-ITF-SM-71. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, International Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 6 p.

017 Parrotta, J.A. and J.K. Francis. 1993. *Pouteria multiflora* (A. DC.) Eyma. Jácana, Bully-tree. Sapotaceae. Sapodilla family. SO-ITF-SM-62. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, International Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 5 p.

018 Parrotta, J.A. and A.N. Chaturvedi. 1994. *Azadirachta indica* A. Juss. Neem, margosa. Meliaceae. Mahogany family. SO-ITF-SM-70. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, International Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 8 p.

Reiners, W.A., A.F. Bouwman, W.F.J. Parsons and M. Keller. 1994. Tropical rain forest conversion to pasture: changes in vegetation and soil properties. Ecological Applications 42(2):363-377.

Reyes, G. 1993. Estudio sobre la generación y circulación de información forestal en America Latina y el Caribe. Pages 63-75 *in* reunión sobre sistemas de información forestal para America Latina y el Caribe: actas / proceedings, November 9-13, Madrid, España. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, Madrid, España.

019 Rodríguez, C.D. 1993. *Petitia domingensis* Jacq. Capá blanco.Verbenaceae. Verbena family. SO-ITF-SM-66. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, International Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 5 p.

Rodríguez, C.D.. R. Walker, P. Oliveira. 1994. Use of GPS with LANDSAT TM images to identify main crops in farms along the Transmazonica Highway, Brazil. Pages 35-42 *in* Proceedings ISPRS Commission VII symposium: resource and environmental monitoring, December 1-3, 1994, Río de Janeiro, Brazil. The National Institute of Space Research, Rio De Janeiro, Brazil.

Rotenberry, J.T., R.J. Cooper, J.M. Wunderle, Jr., and K.G. Smith. 1993. Incorporating effects of natural disturbances in managed ecosystems. Pages 103-108 *in* D.M. Finch., M. Stangel and P. Weaver, editors. Status and management of neotropical migratory birds. General Technical Report RM-229. United States Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Experiment Station, Fort Collins, Colorado. 422 p.

Scatena, F.N. 1993. The management of Luquillo elfin cloud forest ecosystems: irreversible decisions in a nonsubstitutable ecosystem. Pages 191-198 *in* Tropical mountain cloud forests: proceedings of an international symposium, May 31-June 5, 1993, San Juan, Puerto Rico. East-West Center, Honolulu, Hawaii.

Silver, W.L. and K.A. Vogt. 1993. Fine root dynamics following simple and multiple disturbances in a subtropical wet forest ecosystem. Journal of Ecology 81:729-738.

020 Torres, J.A. 1994. Insects of the Luquillo Mountains, Puerto Rico. SO-GTR-105. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, New Orleans, Louisiana. 53 p.

021 Torres, J.A. 1994. Wood decomposition of Cyrilla racemiflora in a tropical montane forest. Biotropica 26(2):124-140.

Wadsworth, F.H., editor. 1993. ISTF News 14(3). International Society of Tropical Foresters, Washington, DC. 12 p.

Wadsworth, F.H., editor. 1993. ISTF News 14(4). International Society of Tropical Foresters, Washington, DC. 12 p.

Walker, R.T., A.K.O. Homma, R. Carvalho, C. Ferreira, A. de Conto, F.N. Scatena, A. da Rocha, A. Santos and P. Oliveira. 1994. Sistemas agroflorestais como processo evolutivo: o caso dos agricultores da rodovia Cuiaba-Santarem, no estado Para. Pages 29-43 *in* Congresso Brasileiro sobre sistemas agroflorestais, 1. Porto Velho, Brazil, 1994. Colombo, Brazil.

Walker, R.T., A.K.O. Homma, A. da Conto, R. Carvalho, C. Ferreira, A. Santos, A. da Rocha, P. Oliveira, and F. Scatena. 1994. Farming systems and economic performance in the Brazilian Amazon. Pages 415-429 *in* Congresso Brasileiro sobre sistemas agroflorestais, 1. Porto Velho, Brazil, 1994. Colombo, Brazil.

Walker, L.R. and L.E. Neris. 1993. Posthurricane seed rain dynamics in Puerto Rico. Biotropica 25(4):408-418.

Walker, R.T., A.K.O. Homma, F.N. Scatena, A. Conto, R. Carvalho, A. Neves, C. Ferreira, A. Santos and P. Oliveira. 1993. Sustainable management in the Amazon piedmont. Pages 706-720 *in* Recursos naturais ambiente e desenvolvimento sustentavel: congreso brasileiro de economia e sociologia rural, 31. Ilheus Bahia, 1993. SOBER, Brasilia.

Watt, F., R. Beymer, F.N. Scatena, W.L. Silver, P.L. Weaver and L.S. Hamilton. 1993. Appendix 1: tropical montane cloud forest bibliography. Pages 247-259 *in* Tropical montane cloud forest: proceedings of an international symposium, 31 May-5 June, 1993, San Juan, Puerto Rico. East-West Center, Honolulu, Hawaii.

022 Weaver, P.L. 1993. *Micropholis chrysophylloides* Pierre. Caimitillo. Sapotaceae. Sapodilla family. SO-ITF-SM-59. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, International Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 8 p.

023 Weaver, P.L. 1993. *Tectona grandis* L. f. Teak. Verbenaceae. Verbena family. SO-ITF-SM-64. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, International Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 18 p.

Weaver, P.L. 1994. A proposal for secondary forest management and line planting in the Lesser Antilles. Pages 9-22 *in* Towards sustainable forest resource management in the Caribbean: proceedings of the sixth meeting of Caribbean Foresters at Martinique. July 20-24, 1992, Martinique. International Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, PR.

Wiley, J.W. and J.M. Wunderle, Jr. 1993. The effects of hurricanes on birds, with special reference to Caribbean islands. Bird Conservation International 3:319-349.

Wilson, M.H., C.B. Kepler, N.F.R. Snyder, S.R. Derrickson, F.J. Dein, J.W. Wiley, J.M. Wunderle, Jr., A.E. Lugo, D.L. Graham and W.D. Toone. 1994. Puerto Rican Parrots and potential limitations of the metapopulation approach to species conservation. Conservation Biology 8(1):114-123.

Wisniewski, J., R.K. Dixon, J.D. Kinsman, R.N. Sampson and A.E. Lugo. 1993. Carbon dioxide sequestration in terrestrial ecosystems. Climate Research 3:1-5.

Wisniewski, J. and R.N. Sampson. 1993. Terrestrial biospheric carbon fluxes: quantification of sinks and sources of $CO^2$. Water, air, and soil pollution 70:9-10.

024 Wunderle, Jr., J.M. 1994. Census methods for Caribbean land birds. SO-GTR-98. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, New Orleans, Louisiana. 26 p.

025 Wunderle, Jr., J.M. and R.B. Waide. 1993. Distribution of overwintering Nearctic migrants in the Bahamas and Greater Antilles. The Condor 95:904-933.

026 Zepeda, G. and Lugo. A.E., editors. 1994. Towards sustainable forest resource management in the Caribbean: proceedings of the sixth meeting of Caribbean Foresters at Martinique, July 20-24, 1994, Martinique. International Institute of Tropical Forestry, San Juan, Puerto Rico. 55 p.

B. Other publications available for distribution.
Otras publicaciones disponibles para distribución.

027 Acevedo Rodríguez, P. en colaboración con R.O. Woodbury. 1985. Los bejucos de Puerto Rico. Volumen 1. General Technical Report SO-58. United States Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry, Southern Forest Experiment Station, Río Piedras, Puerto Rico. 331 p.

028 Arendt, W.J. 1988. Range expansion of the cattle egret (*Bubulcus ibis*) in the Greater Caribbean basin. Colonial Waterbirds 11(2):252-262.

029 Arendt, W.J., and A.I. Arendt. 1988. Aspects of the breeding of the cattle egret (*Bubulcus ibis*) in Montserrat, West Indies, and its impact on nest vegetation. Colonial Waterbirds 11(1):72-84.

030 Barres, H. 1964. Rooting media for growing pine seedlings in hydroponic culture. Institute of Tropical Forestry Research Note No. 2. United States Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, Puerto Rico. 4 p.

031 Bauer, G.P., and A.J.R. Gillespie. 1990. Volume tables for young plantation grown hybrid mahogany (*Swietenia macrophylla x S. mahagoni*) in the Luquillo Experimental Forest of Puerto Rico. Research Paper SO-257. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 8 p.

032 Birdsey, R.A. and D. Jiménez. 1985. The forests of Toro Negro. Research Paper SO-222. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, New Orleans, Louisiana. 29 p.

033 Birdsey, R.A., P.L. Weaver, and C.F. Nicholls. 1986. The forest resources of St. Vincent, West Indies. Research Paper SO-229. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, New Orleans, Louisiana. 25 p.

034 Bokkestijn, A., and J.K. Francis [n.d.]. *Khaya senegalensis* Juss. Dry-zone Mahogany. Meliaceae. Mahogany family. SO-ITF-SM-5. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, Puerto Rico. 4 p.

035 Briscoe, C.B. 1962. Early lifting pine seedlings. Tropical Forest Notes ITF-10. United States Department of Agriculture, Forest Service, Tropical Forest Research Center, Río Piedras, Puerto Rico. 2 p. [available in Spanish only].

036 Briscoe, C.B. 1962. Tree diameter growth in the dry limestone hills. Tropical Forest Note ITF-12. United States Department of Agriculture, Forest Service, Tropical Forest Research Center, Río Piedras, Puerto Rico. 2 p.

037 Briscoe, C.B., and R.W. Nobles. 1962. Height and growth of mahogany seedlings. Tropical Forest Note ITF-l3. United States Department of Agriculture, Forest Service, Tropical Forest Research Center, Río Piedras, Puerto Rico. 2 p.

038 Chinea-Rivera, J.D. 1990. *Ceiba pentandra* (L) Gaertn. Ceiba, Kapok, Silk cotton tree. Bombacaceae. Bombax family. SO-ITF-SM-29. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 4 p.

039 Chudnoff, M., E.D. Maldonado, and E. Goytía. 1966. Solar drying of tropical hardwoods. Research Paper ITF-2. United States Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Foresty, Río Piedras, Puerto Rico. 26 p.

040 Crow, T.R. and P.L. Weaver. 1977. Tree growth in a moist tropical forest of Puerto Rico. Research Paper ITF-22. United States Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, Puerto Rico. 17 p.

041 Englerth, G.H. 1959. Air drying conditions for lumber in the San Juan area. Tropical Forest Note 1. United States Department of Agriculture, Tropical Forest Research Center, Río Piedras, Puerto Rico. 2 p.

042 Englerth, G.H. 1961. Bamboo for fence posts. Tropical Forest Note 6. United States Department of Agriculture, Forest Service, Tropical Forest Research Center, Río Piedras, Puerto Rico. [Also available in Spanish as Apuntes Forestales Tropicales ITF-6.]

Figueroa Colón, J.C., L. Totti, A.E. Lugo, and R.O. Woodbury. 1984. Structure and composition of moist coastal forests in Dorado, Puerto Rico. Research Paper SO-202. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 11 p.

043 Figueroa Colón, J.C., F.H. Wadsworth, and S. Branham, editors. 1987. Management of the forests of tropical America: prospects and technologies. Proceedings of a conference. September 22-27, 1986, San Juan, Puerto Rico: United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, Puerto Rico. 469 p.

044 Francis, J.K. [n.d.]. *Agathis robusta* (C. Moore ex F. Muell) F.M. Bailey. Queensland kauri. Araucariacae. Araucaria family. SO-ITF-SM-10. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, Puerto Rico. 5 p.

045 Francis, J.K. [n.d.]. *Araucaria heterophylla* (Salisb.) Franco. Norfolk-Island pine. Araucariaceae. Araucaria family. SO-ITF-SM-ll. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, Puerto Rico. 3 p.

046 Francis, J.K. [n.d.]. *Hernandia sonora* L. Mago, Toporite. Hernandiaceae. Hernandia family. SO-ITF-SM-13. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, Puerto Rico. 3 p.

047 Francis, J.K. [n.d.]. *Maesopsis eminii* Engl. Musizi. Rhamnaceae Buckthorn family. SO-ITF-SM-8. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, Puerto Rico. 4 p.

048 Francis, J.K. [n.d.]. *Terminalia ivorensis* (A. Chev.). Idigbo, Emire. Combretaceae. Combretum family. SO-ITF-SM-12. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, Puerto Rico. 5 p.

049 Francis, J.K. 1988. *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. Guanacaste, Earpod-tree. Leguminosae. Legume family. SO-ITF-SM-15. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 4 p.

050 Francis, J.K. 1988. *Eucalyptus deglupta* Blume. Kamarere. Myrtaceae. Myrtle family. SO-ITF-SM-16. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 5 p.

051 Francis, J.K. 1988. Merchantable volume table for ucar in Puerto Rico. Research Note SO-350. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, Puerto Rico. 3 p.

052 Francis, J.K. 1989. *Bucida buceras* L. Ucar. Combretaceae. Combretum family. SO-ITF-SM-18. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 4 p.

053 Francis, J.K. 1989. The Luquillo Experimental Forest Arboretum. Research Note SO-358. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 8 p.

054 Francis, J.K. 1989. *Mammea americana* L. Mamey, mammee-apple. Guttiferae. Mangosteen family. SO-ITF-SM-22. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 4 p.

055 Francis, J.K. 1989. Merchantable volume and weights of mahoe in Puerto Rican plantations. Research Note SO-355. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 4 p.

056 Francis, J.K. 1989. *Pterocarpus macrocarpus* Kurz. Burma padauk, pradu. Leguminosae. Legume family. SO-ITF-SM-19. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 4 p.

057 Francis, J.K. 1989. *Tabebuia donnell-smithii* Rose. Primavera. Bignoniaceae. Bignonia family. SO-ITF-SM-25. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 4 p.

058 Francis, J.K. 1989. *Terminalia catappa* L. Indian almond, almendra. Combretaceae. Combretum family. SO-ITF-SM-23. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 4 p.

059 Francis, J.K. 1989. *Thespesia grandiflora* (DC). Urban. Maga. Malvaceae. Mallow family. SO-ITF-SM-21. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 4 p.

060 Francis, J.K. 1990. *Bursera simaruba* (L.) Sarg. Almácigo, gumbo limbo. Burseraceae. Bursera family. SO-ITF-SM-35. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 5 p.

061 Francis, J.K. 1990. *Byrsonima spicata* (Cav.) H.B.K. Maricao. Malpighiaceae. Malpighia family. SO-ITF-SM-36. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 5 p.

062 Francis, J.K. 1990. *Catalpa longissima* (Jacq.) Dum. Cours. Yokewood. Bignoniaceae. Bignonia family. SO-ITF-SM-37. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 4 p.

063 Francis, J.K. 1990. *Citharexylum fruticosum* L. Pendula, fiddlewood. Verbenaceae. Verbena family. SO-ITF-SM-34. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 4 p.

064 Francis, J.K. 1990. *Fraxinus uhdei* (Wenzig) Lingelsh. Fresno, tropical ash. Oleaceae. Olive family. SO-ITF-SM-28. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 5 p.

065 Francis, J.K. 1990. *Hura crepitans* L. Sandbox, molinillo, jabillo. Euphorbiaceae. Spurge family. SO-ITF-SM-38. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 5 p.

066 Francis, J.K. 1990. *Hymenaea courbaril* (L.). Algarrobo, locust. Leguminosae. Legume family. Caesalpinioideae. Cassia subfamily. SO-ITF-SM-27. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana.

067 Francis, J.K. 1990. *Spathodea campanulata* Beauv. African tulip tree. Bignoniaceae. Bignonia family. SO-ITF-SM-32. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 5 p.

068 Francis, J.K. 1990. *Syzygium jambos* (L.) Alst. Rose apple. Myrtaceae. Myrtle family. SO-ITF-SM-26. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 4 p.

069 Francis, J.K. 1991. *Cupania americana* L. Guara. Sapindaceae. Soapberry family. SO-ITF-SM-44. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 4 p.

070 Francis, J.K. 1991. *Guazuma ulmifolia* lam. Guacima. Sterculiaceae. Chocolate family. SO-ITF-SM-47. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 5 p.

071 Francis, J.K. 1991. *Hyeronima clusioides* (Tul.) Muell-Arg. Cedro macho. Euphorbiaceae. Spurge family. SO-ITF-SM-45. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 3 p.

072 Francis, J.K. 1991. *Ochroma pyramidale* Cav. Balsa. Bombacaceae. Bombax family. SO-ITF-SM-41. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 6 p.

073 Francis, J.K. 1991. *Zanthoxylum martinicense* (Lam.) DC. Espino rubial. Rutaceae. Rue family. SO-ITF-SM-42. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 5 p.

074 Francis, J.K. 1992. *Melicoccus bijugatus* Jacq. Quenepa. Sapindaceae. Soapberry family. SO-ITF-SM-48. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 4 p.

075 Francis, J.K. 1992. *Pinus caribaea* Morelet. Caribbean Pine. Pinaceae. Pine family. SO-ITF-SM-53. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 10 p.

076 Francis, J.K. 1992. *Roystonea borinquena* O.F. Cook. Puerto Rican royal palm. Palmae. Palm family. SO-ITF-SM-55. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 5 p.

077 Francis, J.K. 1992. *Spondias mombin* L. Hogplum. Anacardiaceae. Cashew family. SO-ITF-SM-51. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 4 p.

078 Francis, J.K. 1993. Genipa americana L. Jagua, genipa. Rubiaceae. Madder family. SO-ITF-SM-58. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station.

079 Francis, J.K., and A. Bokkestijn. [n.d.]. *Khaya nyasica* Stapf. ex Baker f. East African mahogany. Meliaceae. Mahogany family. SO-ITF-SM-9. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, Puerto Rico. 4 p.

080 Francis, J.K., and H.A. Liogier. 1991. Naturalized exotic tree species in Puerto Rico. General Technical Report SO-82. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 12 p.

081 Frangi, J.L., and A.E. Lugo. 1991. Hurricane damage to a flood plain forest in the Luquillo Mountains of Puerto Rico. Biotropica 23(4a):324-335.

082 Gillespie, A.J.R. 1992. *Pinus patula* Schiede and Deppe. Patula pine. Pinaceae. Pine family. SO-ITF-SM-54. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans. 5 p.

083 Jiménez, J.A. 1985. *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn. f. White mangrove. SO-ITF-SM-3. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 4 p.

Jiménez, J.A. 1985. *Rhizophora mangle* L. Red mangrove. SO-ITF-SM-2. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 7 p.

Jiménez, J.A., and A.E. Lugo. 1985. *Avicennia germinans* (L.) L. Black mangrove. SO-ITF-SM-4. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 6 p.

084 Ledig, F.T., and J.L. Whitmore. 1981. The calculation of selection differential and selection intensity to predict gain in a tree improvement program for plantation grown Honduras pine in Puerto Rico. Research Paper SO-170. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, Puerto Rico. 7 p.

085 Liegel, L.H. 1984. Status, growth and development of unthinned Honduras pine plantations in Puerto Rico. Turrialba 34(3):313-324.

086 Liegel, L.H., comp. 1991. Growth and site relationships of *Pinus caribaea* across the Caribbean Basin. General Technical Report SO-83. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry in cooperation with the University of Puerto Rico, Río Piedras, Puerto Rico. 70 p.

087 Liegel, L.H., and C.R. Venator. 1987. A technical guide for forest nursery management in the Caribbean and Latin America. General Technical Report SO-67. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, New Orleans, Louisiana. 156 p.

088 Little, E.L., Jr., R.O. Woodbury, and F.H. Wadsworth. 1976. Flora of Virgin Gorda (British Virgin Islands). Research Paper ITF-21. United States Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, Puerto Rico. 36 p.

089 Lodge, D.J., F.N. Scatena, C.E. Asbury, and M.J. Sánchez. 1991. Fine litterfall and related nutrient inputs resulting from Hurricane Hugo in subtropical wet and lower montane rain forests of Puerto Rico. Biotropica 23(4a):336-342.

090 Lugo, A.E. 1988. Forest lands in Puerto Rico and the Caribbean 500 years after their discovery by Cristoforo Colombo. Slide presentation; includes references and an appendix. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Río Piedras, Puerto Rico. 16 p.

091 Lugo, A.E. 1991. Cities in the sustainable development of tropical landscapes. Nature & Resources 27(2):27-35.

092 Lugo, A.E. 1992. Comparison of tropical tree plantations with secondary forests of similar age. Ecological Monographs 62(1):1-41.

093 Lugo, A.E. 1992. Tree plantation for rehabilitating damaged forest lands in the tropics. Pages 247-255 *in* Mohan K. Wali, editor. Ecosystem Rehabilitation. Volume 2: Ecosystem Analysis and Synthesis. SPB Academic Publishing, The Hague, The Netherlands.

094 Lugo, A.E. and J. Figueroa. 1984. *Anthocephalus chinensis* (Lam.) A. Rich. ex Walp. Kadam. Rubiaceae Madder family. SO-ITF-SM-l. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, New Orleans, Louisiana. 6 p.

095 Lugo, A.E., and J.L. Frangi. 1993. Fruit fall in the Luquillo Experimental Forest, Puerto Rico. Biotropica 25(1):73-84.

Lugo, A.E., and F.H. Wadsworth. 1990. *Dacryodes excelsa* Vahl. Tabonuco. Burseraceae. Bursera family. Pages 284-287 *in* R.M. Burns and B.H. Honkala, editors. Silvics of North America, Volume 2: Hardwoods. Agriculture Handbook No. 654. United States Department of Agriculture, Forest Service, Washington, DC.

096 Maldonado, E.D. 1961. Peladora de postes de cadena ajustada. [Translation of "A tight chain post peeler" by W.N. Darwin]. Apuntes Forestales Tropicales ITF-8. United States Department of Agriculture, Forest Service, Tropical Forest Research Center, Río Piedras, Puerto Rico. 5 p.

097 Maldonado, E.D. 1962. Solar radiation used to dry mahogany lumber in Puerto Rico. Tropical Forest Notes ITF-14. United States Department of Agriculture, Forest Service, Tropical Forest Research Center, Río Piedras, Puerto Rico. 5 p.

Mosquera, M., and J. Feheley, comps. 1984. Bibliography of forestry in Puerto Rico. General Technical Report SO-51. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 196 p.

98 Nobles, R.W., and C.B. Briscoe. 1966. Height growth of mahogany seedlings. Research Note ITF-10. United States Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, Puerto Rico. 4 p.

99 Parrotta, J.A. [n.d.]. *Albizia lebbek* (L.) Benth. Siris. Leguminosae (Mimosaceae). Legume family. SO-ITF-SM-7. United States Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, Puerto Rico. 3 p.

100 Parrotta, J.A. [n.d.]. *Albizia procera* (Roxb.) Benth. White siris, Tall albizia. Leguminosae (Mimosaceae). Legume family. SO-ITF-SM-6. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, Puerto Rico. 4 p.

101 Parrotta, J.A. 1989. *Dalbergia sissoo* Roxb. Sissoo, Indian Rosewood. Leguminosae (Papillionoideae). Legume family. SO-ITF-SM-24. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 5 p.

102 Parrotta, J.A. 1990. *Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen. Batai, Moluccan sau. Leguminosae (Mimosoideae). Legume family. SO-ITF-SM-31. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 5 p.

103 Parrotta, J.A. 1990. *Tamarindus indica*. L. Tamarind. Leguminosae (Caesalpinioideae). Legume family. SO-ITF-SM-30. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 5 p.

104 Parrotta, J.A. 1991. *Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth. Guamúchil, Madras thorn. Leguminosae (Mimosoideae). Legume family. SO-ITF-SM-40. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 5 p.

105 Parrotta, J.A. 1992. *Acacia farnesiana* (L.) Willd. Aroma, Huisache. Leguminosae. (Mimosoideae). Legume family. SO-ITF-SM-49. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 6 p.

106 Parrotta, J.A. 1992. *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp. Gliricidia, Mother of Cocoa. Leguminosae (Papilionoideae). Legume family. SO-ITF-SM-50. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 7 p.

107 Parrotta, J.A. 1992. *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. Leucaena, tantan. Leguminosae (Mimosoideae). Legume family. SO-ITF-SM-52. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 8 p.

108 Parrotta, J.A. 1993. Assisted recovery of degraded tropical lands: plantation forests and ecosystem stability. Pages 169-182 *in* M.G. Paoletti, W. Foissner, and D. Coleman, editors. Soil Biota, Nutrient Cycling and Farming Systems.

109 Parrotta, J.A. 1993. *Casuarina equisetifolia* L. ex J.R. & G. Forst. Casuarina, Australian pine. Casuarinaceae. Casuarina family. SO-ITF-SM-56. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, International Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 11 p.

110 Parrotta, J.A. 1993. *Cocos nucifera* L. Coconut, Coconut palm, Palma de coco. Palmae. Palm family. SO-ITF-SM-57. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, International Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 7 p.

111 Parrotta, J.A., and J.K. Francis. 1990. *Senna siamea* Irwin & Barnaby. Yellow cassia, minjri. Leguminosae (Caesalpiniodeae). Legume family. SO-ITF-SM-33. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 7 p.

112 Parrotta, J.A., and D.J. Lodge. 1991. Fine root dynamics in a subtropical wet forest following hurricane disturbance in Puerto Rico. Biotropica 23(4a):356-363.

113 Reyes, G., S. Brown, J. Chapman, and A.E. Lugo. 1992. Wood densities of tropical tree species. General Technical Report SO-88. United States Department of Agriculture,

Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 15 p.

114 Rodríguez, C. 1990. *Inga vera* (Willd.) Guaba. Leguminosae (Mimosoideae). Legume family. SO-ITF-SM-39. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 4 p.

Scatena, F.N. 1989. An introduction to the physiography and history of the Bisley experimental watersheds in the Luquillo Mountains of Puerto Rico. General Technical Report SO-72. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 22 p.

115 Scatena, F.N., and M.C. Larsen. 1991. Physical aspects of Hurricane Hugo in Puerto Rico. Biotropica 23(4a):317-323.

116 Schubert, T.H., and J. Zambrana. 1978. Honduras or big-leaf mahogany. Urban Forestry Bulletin, Caribbean Area. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southeastern Area. 2 p.

117 Schubert, T.H., and J. Zambrana. 1978. West Indies or small-leaf mahogany. Urban Forestry Bulletin, Caribbean Area. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southeastern Area. 2 p.

118 Silander, S.R. and A.E. Lugo. 1990. *Cecropia peltata* L. Yagrumo hembra, Trumpet-Tree. Moraceae. Mulberry family. Pages 244-249 *in* R.M. Burns and B.H. Honkala, comps., editors. Silvics of North America, Volume 2: Hardwoods. Agriculture Handbook 654. United States Department of Agriculture, Forest Service, Washington, DC.

119 Steudler, P.A., J.M. Melillo, R.D. Bowden, M.S. Castro, and A.E. Lugo. 1991. The effects of natural and human disturbances on soil nitrogen dynamics and trace gas fluxes in a Puerto Rican wet forest. Biotropica 23(4a):356-363.

120 Torres, J.A. 1992. Lepidoptera outbreaks in response to successional changes after the passage of Hurricane Hugo in Puerto Rico. Journal of Tropical Ecology 8:285-298.

Venator, C.R. 1972. Effect of gibberellic acid on germination of low-vigor Honduras pine seeds. Forest Science 18(4):331.

121 Wauer, R.H., and J.M. Wunderle, Jr. 1992. The effect of Hurricane Hugo on bird populations on St. Croix, U.S. Virgin Islands. Wilson Bulletin 104(656-673).

122 Weaver, P.L. 1983. Tree growth and stand changes in the subtropical life zones of the Luquillo Mountains of Puerto Rico. Research Paper SO-190. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 24 p.

123 Weaver, P.L. 1988. *Guarea guidonia* (L). Sleumer. American muskwood. Meliaceae. Mahogany family. SO-ITF-SM-17. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 7 p.

124 Weaver, P.L. 1989. *Andira inermis* (W. Wright) DC. Cabbage angelin. Leguminosae. Legume family. SO-ITF-SM-20. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 7 p.

125 Weaver, P.L. 1990. *Calophyllum calaba* L. Maria, Santa Maria. Guttiferae. Mangosteen family. Pages 172-178 *in* R.M. Burns and B.H. Honkala, editors. Silvics of North America, Volume 2: Hardwoods. Agriculture Handbook No. 654. United States Department of Agriculture, Forest Service, Washington, DC.

126 Weaver, P.L. 1990. *Manilkara bidentata* (A. DC.) Chev. Ausubo, Balata. Sapotaceae. Sapodilla family. Pages 455-460 *in* R.M. Burns and B.H. Honkala, editors. Silvics of North America, Volume 2: Hardwoods. Agriculture Handbook No. 654. United States Department of Agriculture, Forest Service, Washington, DC.

127 Weaver, P.L., R.A. Birdsey, and C.F. Nicholls. 1988. Los recursos forestales de San Vicente, Indias Occidentales. SO-RP-244. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, Puerto Rico. 27 p.

128 Weaver, P.L., and J.K. Francis. [n.d.]. *Hibiscus elatus* Sw. Mahoe. Malvaceae. Mallow family. SO-ITF-SM-14. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, Puerto Rico. 7 p.

129 Whitmore, J.L. 1978. Cedrela provenance trial in Puerto Rico and St. Croix: establishment phase. Research Note ITF-16. United States Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, Puerto Rico. 11 p.

130 Whitmore, J.L., and G. Hinojosa. 1977. Mahogany (*Swietenia*) hybrids. Research Paper ITF-23. United States Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, Puerto Rico. 8 p.

131 Whitmore, J.L., and L.H. Liegel. 1980. Spacing trial *of Pinus caribaea* var. hondurensis. Research Paper SO-162. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 9 p.

132 Woodbury, R.O., and E.L. Little, Jr. 1976. Flora of Buck Island Reef National Monument (US Virgin Islands). Research Paper ITF-19. United States Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, Puerto Rico. 27 p.

133 Wunderle, Jr., J.M., D.J. Lodge, and R.B. Waide. 1992. Short-term effects of Hurricane Gilbert on terrestrial bird populations on Jamaica. The Auk 109(1):148-166.

134 Wunderle, Jr., J.M., R.A. Cortes, and W. Carromero. 1992. Song characteristics and variation in a population of bananaquits on Puerto Rico. The Condor 94:680-691.

# Versión en Español

## INVESTIGACIÓN

Actualmente existen cuatro problemas científicos que guían el programa de investigación del Instituto Internacional de Dasonomía Tropical (IIDT). A continuación un resumen de las actividades durante el año fiscal 1994 sobre cada una de estas áreas de problema.

1. Falta de conocimiento suficiente para el manejo efectivo de bosques después de disturbios en los trópicos.

Resumen de Actividades:

En 1994, se publicaron manuscritos de silvicultura para 14 especies de árboles de importancia para Puerto Rico y la región. La traducción al español de monografías de silvicultura sigue en curso. Se publicó un estudio relacionando a los daños de árboles cultivados en espacios abiertos en el Caribe con las velocidades máximas de las ráfagas de viento durante el huracán Hugo en 1989. También se publicó una nota de investigación reportando las características de peso y germinación de 119 especies de árboles y arbustos puertorriqueños. Se ha comenzado el desarrollo de guías de campo para los árboles del Amazonas Brasileño y la flora medicinal de la India Central.

Se inició un proyecto cooperativo con el Fideicomiso de Conservación de Puerto Rico desarrollando un inventario de plantas en el Cañón de San Cristóbal, en el interior de la Isla. Se registraron 670 especies de plantas, incluyendo varias plantas raras y una especie nunca antes conocida en Puerto Rico. También se comenzó una evaluación de la vegetación en las Cabezas de San Juan, otra área natural bajo el auspicio del Fideicomiso de Conservación de Puerto Rico. Se llevaron a cabo plantaciones en línea en la República Dominicana, Grenada y Venezuela. Investigaciones en tierras tropicales degradadas se enfocaron en la productividad y ciclaje de nutrientes en plantaciones de especies mixtas y sencillas en Puerto Rico, la reforestación de tierras minadas de bauxita en el Amazonas Brasileño, y el papel que juegan las plantaciones como agentes catalíticos para la sucesión de bosques naturales en lugares donde se impide la regeneración natural debido a severas tensiones naturales y antropógenas.

2. Mejorar el conocimiento para comprender las dinámicas que afectan las características de las cuencas tropicales.

Se continuaron estudios cooperativos sobre los papeles que juegan los cambios en usos de los bosques tropicales y la tierra dentro del cambio global. Capacidades analíticas para medir la calidad y las trazas de gases en el agua comenzaron sus operaciones en el laboratorio del Instituto Internacional de Dasonomía Tropical. Se publicaron tres trabajos referentes a los mecanismos que controlan las emisiones de $NO_2$ y NO en los bosques tropicales y pastizales derivados a lo largo de un medioambiente tropical. Se están eligiendo lugares y poniendo a prueba equipo para un trabajo similar en Puerto Rico y Brasil. Se están recopilando datos de emisiones de trazas de gases de suelos en una extensión agrícola en las tierras bajas de Costa Rica. Se ha completado un estudio de organismos epifíticos a lo largo de gradientes elevados a través del Área Natural de Investigación Baño de Oro en el Bosque Experimental de Luquillo. También se completó un análisis preliminar de suelo para estudiar el papel que juegan los oligoquetos. Una clasificación de las zonas ribereñas se ha desarrollado y actualmente se está poniendo a prueba. Se han adquirido permisos y se ha escogido el lugar para realizar un estudio del papel que juega la composición del bosque y sus funciones.

3. Identificación de vida silvestre tropical en peligro de extinción y los hábitos de aves migratorias en el Caribe.

Se completó un nuevo plan de estudio sobre el movimiento, la extensión de actividad, y el uso de hábitat de la Boa Puertorriqueña en peligro de extinción. Se continuó el monitoreo

a largo plazo de las poblaciones del Zorzal Pardo (un competidor de sitios de anidar para la Cotorra Puertorriqueña) en el Bosque Experimental de Luquillo y en poblaciones residentes y migratorias neotrópicas en el Bosque Seco de Guánica. Un estudio a corto plazo (en su segundo año de 3.5 años) obtuvo información acerca de la sobrevivencia y la tasa de retornos anuales de aves migratorias neotropicales en plantaciones de café en la República Dominicana. Se continuaron los estudios cooperativos sobre los efectos del abastecimiento de alimentos en las aves migratorias y residentes neotrópicos en el Bosque Experimental de Luquillo.

4. Cuantificación de los valores económicos y sociales de los bosques tropicales americanos.

Se comenzó a trabajar en el desarrollo del "Walling's Reservoir Nature Trail", (un sendero escénico del embalse de Walling), en Antigua, así como también en la reforestación de tres fincas propiedad del gobierno de Monserrate. En Grenada, se inició un trabajo cooperativo entre el Departamento Dasonómico de Grenada, los Cuerpos de Paz de los Estados Unidos, y el Instituto Internacional de Dasonomía Tropical. Hasta la fecha, se han establecido dos parcelas de demostración a largo plazo en Grenada. Una está localizada en el bosque pluvial de maleza y otra en el bosque pluvial montano bajo de Grand Etang. También ha comenzado la construcción del "Morne Delice Nature Trail" (una vereda escénica de Morne Delice) con su rotulación correspondiente.

## COOPERACIÓN INTERNACIONAL

Nuestra función internacional es:

Intercambiar conocimientos críticos para mantener los ecosistemas tropicales y su contribución a la humanidad, a través de actividades tales como demostraciones, entrenamientos, intercambio científico y transferencia tecnológica.

El grupo de Cooperación Internacional del Instituto Internacional de Dasonomía Tropical (IITF, sus siglas en inglés) completó la preparación de su Programa en mayo de 1994, identificando su misión y sus relaciones con el área de Investigación y del Bosque Nacional del Caribe. Se llevaron a cabo varios talleres incluyendo un curso corto de Administración de Bosques en Guánica, Puerto Rico, con la participación de 35 personas representando a siete países de Centro América y el Caribe. También auspiciamos la séptima reunión de Dasónomos del Caribe en Jamaica. El tema de la reunión lo fue la Economía en la Silvicultura. Hubo 54 participantes representando diesiséis países.

Se proveyó ayuda técnica al gobierno de Santa Lucía en el acceso a doseles y técnicas de monitoreo para cotorras, con la colaboración de personal del Bosque Nacional del Caribe. Se proveyó asistencia técnica al Plan Piloto de Quintana Roo, México, para inventario forestal.

Visitantes internacionales:

En cooperación con el Bosque Nacional del Caribe, se auspició una visita de entrenamiento al Supervisor Forestal del Bosque Nacional de Tapajós, Brasil, por espacio de un mes. El IIDT hizo arreglos para que seis supervisores forestales de Brasil visitaran las oficinas centrales de la agencia, y visitaran los Bosques Nacionales de Allegheny y Ouachita. El propósito fue proveer conocimiento en asuntos organizacionales y reglamentarios de interés mutuo.

Conjuntamente con el área de investigación del IIDT, se facilitó la visita de seis expertos forestales de la India por dos semanas, para discutir la ecología tropical de montañas y el manejo de bosques secundarios, así como relacionarles con el Departamento de Recursos Naturales de Puerto Rico y Organizaciones No Gubernamentales (NGO's, sus siglas en inglés).

Participamos como parte de la delegación oficial de los Estados Unidos en la Misión Ambiental de Brasil, la cual consideraba asuntos bilaterales y multilaterales, entre ellos la silvicultura y la minería. Se proveyó consejería en el desarrollo del documento de estrategia forestal al Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente (INDERENA), en Colombia.

Se ofreció consultoría técnica en proyectos de la Agencia Estadounidense para el Desarrollo Internacional (USAID, sus siglas en inglés) en el Caribe y Centroamérica, como sigue:

Jamaica

<u>Conservación de áreas protegidas (PARCI)</u>

Propósito - Continuar con la iniciativa del proyecto "PARCI" (terminado en 1993) que establece nuevos parques nacionales, y fortalecer los dos ya existentes bajo PARCI, el "Blue and John Crow Mountains National Park" (BJCMNP) y el "Montego Bay National Park". Los esfuerzos en el primero se relacionan al programa de "Sister Forest" (Bosques Hermanos) con los Bosques Nacionales de Carolina del Norte y el Bosque Nacional Cherokee, en aspectos tales como: entrenamiento en fuegos para guardabosques, revisión del Plan de Manejo de Tierras para el parque, y proveer entrenamiento en destrezas de interpretación.

República Dominicana

<u>Parque del Conservatorio de Música</u>

Se proveyó asistencia técnica en el manejo de comejenes al Comité rector de voluntarios de este parque citadino en Santo Domingo.

Parques Arqueológicos

Se apoyó a la Organización No Gubernamental (NGO, sus siglas en inglés) Fondo Integrado Pro-Naturaleza (PRONATURA) con el desarrollo de un plan de trabajo en las áreas de La Vega y La Isabela, denominados como parques arqueológicos bajo un acuerdo con el Gobierno de la República Dominicana y la Universidad de la Florida.

Parques en Peligro

Se proveyó revisión técnica a dos parques financiados bajo este proyecto. Se ofreció ayuda técnica a PRONATURA, la Organización No Gubernamental a cargo de coordinar los fondos y el manejo de estos parques.

Honduras

Proyecto de Desarrollo Forestal

Se apoyó una revisión técnica y evaluación del sistema de subasta competitiva para las ventas de madera en tierras públicas administradas por la agencia forestal nacional Corporación Hondureña de Desarrollo Forestal (COHDEFOR).

Otros proyectos incluidos:

El IIDT sirvió como coordinador en seis proyectos de Bosques Hermanos en Belize, Guatemala, Panamá, Costa Rica, Jamaica y Bolivia. Participamos en el desarrollo de dos borradores del programa País en Foco para Brasil y México.

Iniciamos conversaciones con la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, sus siglas en inglés) y la Universidad de Indias Occidentales, relacionadas a acuerdos de colaboración para fortalecer programas de entrenamiento para técnicos forestales a escala regional.

Se proveyó ayuda editorial, financiamiento, distribución gratuita y traducción al francés del boletín de la Sociedad Internacional de Dasónomos Tropicales.

Participamos como invitados a un taller auspiciado por el Centro Internacional para la Investigación Forestal (CIFOR, sus siglas en inglés) sobre parcelas para estudios a largo plazo en bosques tropicales (Bogor).

Durante un taller sobre el manejo de bosques tropicales auspiciado por el Fondo Mundial de Vida Silvestre (WWF, sus siglas en inglés) para estudiantes latinoamericanos, se desarrolló una teoría y se llevó a cabo una prueba dasonómica de la liberación de bosques secundarios.

Se continuaron las relaciones establecidas con otros colaboradores en la región, tales como la FAO, los Cuerpos de Paz, el WWF, y otros.

**Proyectos Cooperativos**

CANARI - El IIDT y el Instituto Caribeño de Recursos Naturales (CANARI) tienen proyectos cooperativos en las islas de Santa Lucía y Dominica. El objetivo general de estos proyectos es incrementar el envolvimiento de la comunidad en decisiones forestales, promoviendo el mantenimiento de un desarrollo sostenido. En Dominica, los trabajos se concentran en el "Cottage Forest Industry Group", y en la comunidad de los Caribes.

Island Resources Foundation - Tenemos una asociación cooperativa para crear veredas para el desarrollo ecoturístico y el manejo de áreas protegidas en las islas de Antigua y Grenada.

PRONATURA - Existe un proyecto cooperativo entre el IIDT y PRONATURA para demostrar la tecnología de plantación en línea para la reforestación en la República Dominica.

Centro RARE para la Conservación Tropical - La asociación con RARE está dirigida al desarrollo de un sistema de cobro por el uso de veredas, en las Islas de habla inglesa, para expandir el turismo ecológico y enfatizar la protección de recursos forestales.

Programa para Belize - El Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos se reunió con esta Organización No Gubernamental conservacionista, la Institución Smithsoniana, y con la organización para la Preservación de la Naturaleza (Nature Conservancy) para comenzar deliberaciones en actividades conjuntas de investigación en el Área de Conservación y Manejo del Río Bravo. Desarrollamos una asociación con el Colegio de Wooster para el análisis de variación genética y los sistemas de apareamiento en poblaciones de caoba de hoja grande (bigleaf mahogany).

El IIDT también continuó su trabajo con los Cuerpos de Paz y el Servicio Forestal de Grenada en su establecimiento de una hectárea de plantación lineal de caoba, dos proyectos de parcelas demostrativas en la reserva forestal Grand Etang, y el desarrollo de 1.5 kilómetros en la vereda de Morne Delice, con su rotulación correspondiente.

## DASONOMÍA ESTATAL Y PRIVADA

En el año fiscal de 1993 se decidió, finalmente, transferir las responsabilidades, autoridades y presupuesto sobre los programas de ayuda al Estado y al Sector Privado de la Estación Sureña en Atlanta, al Instituto Internacional de Dasonomía Tropical. Dicha acción fue implementada en el año fiscal de 1994. Antes de finalilzar el año, se colocó a un coordinador permanente en el Instituto.

Los programas de Ayuda al Estado y al Sector Privado que se coordinan a través del IIDT, son los siguientes:

Por legislación, los principales colaboradores asociados de estos programas en Puerto Rico e Islas Vírgenes son: el Departamento de Recursos Naturales y Ambientales, el Cuerpo de Bomberos de Puerto Rico, el Departamento de Desarrollo Económico y Agricultura de las Islas Vírgenes y el Cuerpo de Bomberos de Islas Vírgenes. Mediante las concesiones, acuerdos cooperativos y ayuda técnica que se les provee a estas agencias, ellas pueden realizar las actividades prácticas consistentes con las metas y objetivos contenidos en la legislación.

El logro más significativo alcanzado durante el año fiscal 1994 fue el completar la transición de los programas de Ayuda al Estado y al Sector Privado en el Instituto. Un coordinador para dichos programas fue reclutado; un analísis de la historia del Programa y sus ayudas, en Puerto Rico e Islas Vírgenes, fue realizado; presentaciones a todos los colaboradores, incluyendo al IIDT y Bosque Nacional del Caribe, fueron ofrecidas; Directrices de Planificación Financiera para el Instituto fueron redactadas, y acuerdos cooperativos con los colaboradores asociados fueron expedidos.

## BOSQUE NACIONAL DEL CARIBE

El Bosque Nacional del Caribe (CNF, sus siglas en inglés) tiene la responsabilidad del manejo de los recursos naturales del Bosque Nacional del Caribe/Bosque Experimental de Luquillo, lo que incluye la vida silvestre, la recreación en sus terrenos, y el uso de las aguas y su investigación. Científicos del Instituto Internacional de Dasonomía Tropical y los administradores de tierras (CNF) trabajan en cooperación en proyectos de mutuo interés e importancia.

En el año fiscal 1994, el Equipo de Vida Silvestre, Pescadería, y Plantas Raras del BNC trabajó con miras hacia aumentar la comprensión de la biología de fauna de agua dulce tales como los camarones, los peces, y los cangrejos. El análisis de data tomada desde el 1991 sobre hábitats tanto en la superficie de las represas, cataratas, y cascadas como en la parte inferior de las mismas ubicadas dentro y adyacentes al Bosque, indican que las represas y la extracción de agua que éstas conllevan tienen un efecto definitivo en la composición de las especies, y en su relativa abundancia. El bajo nivel de agua en los riachuelos del bosque producido por la extracción de agua tiene relación directa con la disminución de las densidades y diversidades que se encuentra debajo de las represas. Un enriquecimiento de especies progresivamente más alto se encontró en riachuelos sin represas, en comparación con riachuelos con una sola represa, y otros con dos o más represas.

La Transferencia de Tecnología de Vida Silvestre: En septiembre de 1994, el Equipo de Vida Silvestre, Pescadería, y Plantas Raras del BNC finalizó un proyecto de vida silvestre en las Antillas Menores. Biólogos de la isla de Santa Lucía recibieron adiestramiento en el lugar para desarrollar técnicas en el manejo y monitoreo de su cotorra en peligro de extinción. Los objetivos del proyecto, cuya duración fue de tres semanas, eran los de compartir técnicas de seguridad y de escalada, compartir las metodologías para tomar censo de aves, y brindarles adiestramiento. El adiestramiento se enfocó en la selección de sitios, la construcción y el uso y mantenimiento de cavidades para nidos artificiales, refugios ocultos para la observación, y plataformas de observación en las copas de los árboles. Las destrezas compartidas ayudarán a los biólogos de Santa Lucía en el monitoreo más cercano de su cotorra, además de evaluar más efectivamente los esfuerzos en el recobro de esta especie en peligro de extinción.

La Cotorra Puertorriqueña: El año fiscal del 1994 fue otra temporada reproductiva exitosa para la cotorra puertorriqueña. Catorce pichones abandonaron sus nidos para integrarse al bosque. Dos de estos pichones fueron internados al bosque desde el Aviario de Luquillo bajo la dirección del Servicio de Pesca y Vida Silvestre del gobierno de los Estados Unidos. De los nidos silvestres que tuvieron éxito este año, la mitad estuvieron en cavidades construidas o mejoradas por el Equipo de Vida Silvestre, Pescadería, y Plantas Raras del BNC. Los censos para la temporada post reproductiva se llevaron a cabo en julio y agosto rindiendo cálculos de una población mínima de 42 cotorras en el campo abierto. Esto indica que la población ya está a un 90% del nivel existente antes del hurarán Hugo. El paso del huracán Hugo en 1989 hizo que la población silvestre disminuyera a la mitad de lo que era, es decir, bajó aproximadamente a 23 aves.

El Aviario de Luquillo produjo 7 pichones, aumentando la población cautiva a 52 aves. Un aviario en el Bosque de Río Abajo, bajo la dirección y manejo del gobierno local, alberga 10 adultos que este año produjeron su primera cría de dos pichones. Esto aumenta el número total de cotorras puertorriqueñas a aproximadamente 106 aves.

Proyecto de Aves Migratorias Neotropicales: El Equipo de Vida Silvestre, Pescadería, y Plantas Raras del BNC finalizó su segundo año de esfuerzos cuando participó en

censos mensuales de conteo de punto. ambién determinaron las localizaciones de istemas de Posición Global en una tercera parte le los 180 conteos de puntos y parcelas de egetación que ayudamos a establecer el año asado. El programa del Proyecto de Aves Migratorias Neotropicales ha sido uno de esfuerzo en colaboración continua entre el Bosque Nacional del Caribe y el Instituto Internacional de Dasonomía Tropical. Su meta es la de obtener un mayor entendimiento de la distribución de aves migratorias, de su abundancia y de sus asociaciones de hábitat.

# LABORATORIO DE PRODUCTOS FORESTALES

*D.J. Lodge*
*Investigadora Botánica*

El Centro para la Investigación de la Micología Forestal (CFMR, sus siglas en inglés) es parte del Laboratorio de Productos Forestales localizado en Madison, Wisconsin con una unidad ubicada en Puerto Rico. La misión de la unidad es añadir especímenes y mantener colecciones de cultivos de hongos ya identificados, en su mayoría esos identificados como basidiomicetos descomponedores de madera. Farmacéuticas, agroquímicas y otras compañías obtienen cultivos de esta colección para programas de escrutinio. Entre los usos bajo escrutinio están los medicamentos, los agentes para limpiar los derrames químicos orgánicos y agentes utilizados en la fabricación de papel. El uso de los agentes en la fabricación de papel pueden reducir en gran medida, o hasta eliminar, la contaminación del agua asociada con los molinos de fabricación de papel. En adición, muestras de la madera estructural en edificios con problemas de corrosión están siendo sometidas al laboratorio para análisis. El hongo cultivado de la muestra puede identificarse comparando sus características a otros en la colección. Una vez se conoce la identidad del hongo, medidas apropiadas de control pueden ser recomendadas.

Un énfasis del Centro para la Investigación de la Micología Forestal está dirigido a descifrar variaciones en las especies compuestas de basidiomicetos descomponedores de madera. Algunos miembros de estos compuestos son patógenos y causan pérdidas severas de maderaje. Proyectos adicionales investigan los impactos positivos y negativos que tienen los hongos en el mantenimiento de ecosistemas saludables en función. Otro enfoque del programa es el de la micología tropical. La unidad ubicada en Puerto Rico contribuye con hongos tropicales a la colección de cultivos, y provee información acerca de la especificidad de huésped. También estamos trabajando en un estudio completo de hongos superiores en las Montañas de Luquillo en Puerto Rico. Una guía de identificación de Xylariaceae (dedos de muerto) y boliniaceae en Puerto Rico está próxima a terminarse. Las Xylariaceas juegan diversos papeles en el ecosistema del bosque. Esta familia incluye patógenos, descomponedores de madera, y habitantes de tejidos saludables de plantas endófitas que podrían proteger los árboles de los herbívoros. Nuestro énfasis actual está en la clasificación de los hongos basidiomicetos en Puerto Rico y las Antillas Mayores. Continuamos nuestro trabajo en torno a descubrir el papel que juegan los hongos descomponedores de madera en la inmovilización de nutrientes que resultó del huracán Hugo o del escombro que dejan las operaciones madereras, y los impactos negativos y positivos a corto y largo plazo en la recuperación del bosque.

# PLANTACIONES, DASONOMÍA, Y SILVICUTURA

*John K. Francis*
*Investigador Forestal*

Durante el pasado año, se han publicado unos cuantos nuevos manuscritos de silvicultura, sumando a un total de 73 especies incluidas en el Manual de Silvicultura Tropical. Hay otras 20 descripciones de especies tropicales incluidas en el Manual de Silvicultura Tropical de los Estados Unidos y disponible para distribución. La colección de información y composición de las descripciones de especies de árboles importantes del Caribe continúa. El Manual de Silvicultura Tropical y las monografías de especies tropicales en este manual se están traduciendo al español y se publicarán dentro de 2 ó 3 años.

Se llevó a cabo un inventario de la vegetación del Cañón de San Cristóbal durante el pasado año a petición del Fideicomiso de Conservación de Puerto Rico. A pesar de disturbios muy serios durante los últimos cien años, esta extensión topográficamente espectacular es habitada por una flora increíblemente diversa. Unas 673 especies nativas y exóticas naturalizadas fueron documentadas, incluyendo *Samolus parviflorus*, una hierba diminuta nunca antes reportada en Puerto Rico. El Cañón ahora está cubierto casi completamente por bosques secundarios y está recuperando su vegetación rápidamente.

Una técnica simple y poco costosa para determinar la densidad de la madera en árboles vivos con madera blanda hasta muy dura se publicó recientemente (Francis 1994a). El método comprende barrenar un hoyo en el árbol de estudio con una barrena de carpintero, recogiendo las chispas producidas. La densidad de la madera se calcula del peso de las chispas después de secar, usando el volumen del determinado de la profundidad en el árbol al comienzo, y al finalizar, además del diámetro del barreno. La variación de las densidades medidas compara con ésas utilizando otros métodos. La técnica tiene la ventaja de poder retirar muestras de todo el rango de dureza de madera sin cortar los árboles usando equipo fácilmente al alcance económico de dasónomos aún en países en desarrollo.

La comunicación a menudo ha sido un obstáculo para usuarios y manejadores de recursos naturales. Mucha literatura importante sobre conservación tropical originada en Brasil ha sido ignorada porque muchos de los posibles lectores no saben leer Portugués técnico. Para ayudar a científicos, manejadores y administradores que luchan con el problema de Inglés versus Portugués, un diccionario de términos de dasonomía y conservación y sus equivalentes en Inglés y Portugués está ahora disponible en el Instituto Internacional de Dasonomía Tropical (IIDT) (Francis 1994b). Este informe contiene aproximadamente 2,000 términos forestales y sus equivalentes listados alfabéticamente en ambos idiomas.

## LITERATURA CITADA

Francis, J.K. 1994a. Simple and inexpensive method of extracting wood density samples from tropical hardwoods. Tree Planters Notes 45(1):10-12.

Francis, J.K. 1994b. English-Portuguese equivalents of forestry and conservation terms. General Technical Report SO-109. New Orleans, LA: USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 45 p.

# INVESTIGACIÓN FORESTAL, MANEJO Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA

*Peter L. Weaver*
*Investigador Forestal*

## BOSQUES SECUNDARIOS

Aproximadamente una tercera parte de la superficie de las Antillas Menores, que ocupa poco más de 12,000 km$^2$, está cubierta de bosques. Barbados, en un extremo, ha perdido casi la totalidad de sus bosques, mientras que Dominica, la más escabrosa y densamente boscosa, retiene casi el 50% de su cubierta forestal. Una gran porción del área total consta de bosques secundarios.

Una estrategia para la evaluación de estos bosques secundarios y su manejo viene resumido en una propuesta (Weaver 1993a). Las alternativas silvícolas aparecen reflejadas en flujogramas, y las condiciones y guías necesarias para poner en práctica una plantación en línea se indican en una tabla. Se incluyen los riesgos, las obligaciones iniciales y los requisitos, así como una descripción de las actividades propuestas.

## ÁREA NATURAL DE INVESTIGACIÓN

El Área Natural Baño de Oro de 745 ha, establecida por el Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos deAmérica en 1949, se integró como parte de la Reserva de la Biosfera del Bosque Experimental de Luquillo en 1976. El Área Natural, situada a elevaciones entre 245 y 1,025 m en la parte más húmeda de Puerto Rico, abarca cuatro tipos principales de bosque que no han sufrido perturbación por parte del hombre. La investigación pasada y actual en el Área Natural ha sido resumida para servir de base a investigaciones posteriores (Weaver 1994). Se ha resumido el estado actual de los conocimientos relativos al medio-ambiente (a ver: geología, fisiografía, suelos, clima, hidrología, flora y fauna).

## MANUAL DE BIOECOLOGÍA SILVÍCOLA

Un artículo sobre la historia y distribución de la *Tectona grandis*, o teca, una de las especies de árboles maderables tropicales más valiosas y mejor conocidas se preparó para el Manual de Bioecología Silvícola del Instituto (Weaver 1993b). La teca es nativa del sureste de Asia, pero ha sido sembrada ampliamente en los trópicos. La literatura sobre la especie es voluminosa y abarca más de un siglo.

## COOPERACIÓN INTERNACIONAL PROYECTOS

### ANTIGUA

El proyecto de Veredas Naturales de Antigua en la Reserva Walling se inició en octubre de 1993. Los objetivos del proyecto son conservar y manejar los recursos de agua y vida silvestre del lugar al desarrollar su potencial ecoturístico y de educación ambiental. Representantes de 8 entidades locales sirven en el Comité Asesor. Hasta la fecha se han emprendido: una cartografía para efectos de clasificación del ecosistema (hábitat), estudios de vegetación y la preparación de un mapa de propietarios. El proyecto continuará hasta el 30 de septiembre de 1995.

### REPÚBLICA DOMINICANA

El proyecto de plantación en líneas o hileras se inició hace 2 años con la cooperación de PRONATURA, los Cuerpos de Paz y el Instituto Internacional de Dasonomía Tropical, en la vecindad de Cotuí en la República Dominicana. Hasta la fecha se han plantado 6 ha usando las siguientes especies: *Acacia mangium, Cedrela mexicana, Eucalyptus deglupta, Guarea guidonia* y *Simaruba glauca*. El crecimiento de todas las especies, a excepción de la *Cedrela*, fluctuó entre 1.2 y 3 m. La *Cedrela* apenas sobrevive. Es posible que el proyecto de reforestación se expanda durante el próximo año.

### GRENADA

Grenada tiene tres proyectos en desarrollo con la participación del Departamento Forestal

de Grenada, los Cuerpos de Paz y el Instituto Internacional de Dasonomía Tropical. En el primer proyecto se estableció un poco más de 1 ha de caoba plantada en líneas o hileras en Gran Bras con los siguientes resultados.

| Categoría de Altura (m) | Árboles en la Categoría (%) | Ataques de Perforadores de Brote (%) |
|---|---|---|
| 0 - 0.9 | 0.4 | 100.0 |
| 1.0 - 1.9 | 24.4 | 28.3 |
| 2.0 - 2.9 | 41.0 | 56.2 |
| 3.0 - 3.9 | 27.1 | 75.9 |
| 4.0 - 4.9 | 5.7 | 92.9 |
| 5.0 - 5.9 | 1.4 | 86.7 |
| Total | 100.0 | 57.0 |

La altura media de los árboles es 2.7 m con un 57% de los árboles atacados por perforadores de brote. El árbol más alto midió 5.8 m. Además de la ubicación ya sembrada, se ha designado otra área para ser sembrada durante la estación lluviosa.

El segundo proyecto consistió en el establecimiento de dos parcelas de demostración en la reserva del bosque Grand Etang: 0.04 ha en bosque pluvial montano y 0.2 ha en bosque pluvial montano bajo. Todos los árboles han sido identificados y rotulados con su nombre local. Se han medido todos los diámetros al pecho (d.a.p.) y solamente restan por obtener las medidas de altura.

El tercer proyecto es la Vereda Natural Morne Delice en un bosque de llanura baja secundario de Grenada. Hasta la fecha, se ha medido y limpiado una vereda de 1.5 km. También se ha completado una carpeta de señales para árboles y especies de vida silvestre. El trabajo continuará durante el próximo año.

**MONSERRATE**

Hay dos proyectos en curso en Monserrate: la reforestación de áreas seleccionadas en tres fincas del gobierno (Galway, Broderick y Hermitage); y el desarrollo de la Vereda Natural de Galway. En el primer proyecto, se completaron las mejoras al vivero y se dará comienzo a la siembra en las fincas del gobierno cuando comience la estación de lluvias. En el segundo proyecto, se está anchando la vereda existente y se han emprendido medidas de conservación de suelos y agua. Ambos proyectos continuarán hasta el 30 de septiembre de 1995.

## VIAJE DE ESTUDIO

**BRASIL**

En cooperación con la Oficina de Washington del Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EUA y los Bosques Nacionales de Allegheny y Ouachita, se organizó un viaje de estudio para funcionarios forestales de IBAMA/DIREN, la agencia gubernamental responsable por los bosques nacionales de Brasil. Cinco supervisores forestales y un representante de la Oficina de Brasilia visitaron la Oficina de Washington, el Bosque Nacional Allegheny en Pennsylvania y el Bosque Nacional Ouachita en Arkansas. Los objetivos eran aprender sobre la administración, el ecoturismo; el uso y manejo de los productos forestales y la relación entre los Bosques Nacionales del Servicio Forestal de los EUA y sus usuarios. Durante el próximo año, se planifica una visita de reciprocidad de supervisores de Bosques Nacionales de los EUA a los bosques nacionales de Brasil.

## BOSQUES HERMANOS

**PANAMÁ**

Representantes de los Bosques Nacionales de Texas y del Instituto Internacional de Dasonomía Tropical visitaron Panamá en mayo de 1994 para explorar las posibilidades de futura cooperación a través de la recién creada relación de "bosques hermanos". El propósito del viaje fue familiarizarse con la Reserva de Palo Seco y las áreas circundantes y discutir asuntos e inquietudes sobre el manejo de bosques con personal local del Instituto de Recursos Naturales Renovables (INRENARE). Los resultados del viaje sirvieron de base para la formulación de un plan de acción en torno a

las siguientes actividades propuestas: promover un manejo de bosques sostenible; promover el bienestar económico, social y cultural de las poblaciones; ayudar en la conservación de los recursos naturales; y desarrollar y promover nuevas tecnologías. La prevención y el control de incendios se identificó como un asunto prioritario y en la actualidad el equipo busca maneras de poner en práctica un programa contra incendios en Panamá.

## LITERATURA CITADA


Weaver, P.L. 1993a. A proposal for secondary forest management and line planting in the Lesser Antilles. *En:* G. Zepeda y A.E. Lugo, editores. "Towards sustainable forest resource management in the Caribbean. Proceedings of the Sixth Meeting of Caribbean Foresters at Martinique". International Institute of Tropical Forestry, USDA Forest Service, Río Piedras, Puerto Rico, págs. 9-22.

Weaver, P.L. 1993b. *Tectona grandis* L.f., Teak. SO-ITF-SM-64. Institute of Tropical Forestry, Southern Forest Experiment Station, Río Piedras, Puerto Rico. 18 p.

Weaver, P.L. 1994. Baño de Oro Natural Área: Luquillo Mountains, Puerto Rico. General Technical Report SO-111. New Orleans, LA: USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 55 p.

# INVESTIGACIÓN DE PRODUCTOS FORESTALES NO-MADEREROS: UN INVENTARIO DE LA RIQUEZA MEDICINAL FORESTAL EN LA INDIA

*John A. Parrotta*
*Dasónomo Forestal*

El valor medicinal de la biodiversidad florística tropical, harto reconocido por las sociedades tradicionales, ha atraído la atención pública mundial en los últimos años. En la India, donde por miles de años se han estado desarrollando sistemas sofisticados de medicina utilizando medicamentos derivados de las plantas, ha habido un resurgimiento reciente de interés en tratamientos Ayurvédicos y otros relacionados ya que medicamentos alopáticos ("occidentales") efectivos y seguros o no se han desarrollado, o han presentado tener efectos secundarios nocivos. El público y la industria farmacéutica, particularmente en la India, están cobrando conciencia, tanto del valor de los recursos medicinales derivados de las plantas indias, así como de la necesidad de ejercer mayor control de calidad en la colección (para fines de propagación), del procesamiento, y la formulación efectiva y segura de medicamentos derivados de plantas.

Con el respaldo de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional, el Instituto comenzó un proyecto en 1994 con la colaboración del Instituto de Dasonomía Tropical (en Jabalpur, India) para documentar los recursos de plantas medicinales de los bosques del trópico seco deciduoso del centro de la India. Se llevaron a cabo estudios de campo por un período de 3 meses en las áreas forestales de Madhya Pradesh y Maharashtra (donde el trabajo de campo se concentró en la Reserva de Tigre de Melghat). Con este estudio y un repaso extenso de la literatura disponible en torno a la florística forestal regional y los usos tradicionales de las plantas medicinales, el proyecto rendirá un tomo de referencia ilustrado con fotos de campo describiendo aproximadamente 800 especies nativas y naturalizadas de especies de plantas medicinales. El propósito general de este trabajo, cuya audiencia incluirá tanto el público en general, así como aquéllos involucrados en las varias facetas de la industria de los medicamentos derivados de plantas en la India y el exterior, es ayudar a los que no sean especialistas en la identificación con exactitud de las especies de plantas medicinales en el campo. Otro propósito del proyecto es concientizar al público de la necesidad de promover la conservación y el uso sabio de los recursos de los bosques nativos y otros hábitats florísticamente ricos por su potencial como recursos renovables de productos derivados de plantas medicinalmente útiles.

Tabla 1. —*Fracción de los ecólogos del mundo en los trópicos (basado en 16,000 ecólogos)**.

| Región biogeográfica | Región geográfica | Fracción de los ecólogos del mundo (%) |
|---|---|---|
| Paleoática | Europa, Siberia | 35.3 |
| Neoártica | América del Norte | 43.0 |
| Oriental | Cercano al Lejano Oriente, Malasia, etc. | 12.0 |
| Etíope | Africa subsahariana | 2.3 |
| Neotropical | América del Sur | 1.7 |
| Australoasiática | Incluye Nueva Zelanda, Papua, Nueva Guinea, Pacífico | 5.7 |
| Total | | 100.0 |

*Modificado en mayo (1992).

sostenible de los suelos tropicales son hartamente conocidos, pero es difícil predecir quién pondrá en práctica las medidas de conservación necesarias. En los trópicos, la profesión de la dasonomía adolece de una falta de apoyo político, social y financiero y no está en posición de manejar la vasta bioma de los bosques tropicales. Las consecuencias de esta situación son serias para los habitantes de las zonas tropicales tanto como los de las zonas templadas. Las instituciones forestales necesitan reorientarse, profesionalizarse y despolitizarse a fin de asumir el liderato del manejo de los bosques tropicales. Debe permitírsele a cada país manejar sus propios suelos y bosques, pero es necesaria la cooperación internacional para que los países tropicales alcancen el nivel de competencia de las instituciones forestales de las zonas templadas.

Se propone la rehabilitación de suelos como una estrategia de manejo para invertir las consecuencias negativas de la deforestación y degradación de los suelos tropicales (Brown y Lugo 1994). Primero definimos los conceptos asociados con la modificación de ecosistemas —conversión, daño y degradación— y aquéllos asociados con la reparación del ecosistema, restauración, rehabilitación y reclamación (fig. 3). Entonces presentamos un esquema de usos de terreno sostenible en los trópicos, con ilustraciones de cómo las actividades de rehabilitación y restauración encajan en el esquema general de uso de los suelos. Dado que lo suelos dañados no pueden contribuir efectivamente a un desarrollo económico sostenido, la rehabilitación de los suelos es un paso necesario para aumentar las oportunidades de alcanzar dicha sostenibilidad. Se discuten enfoques de rehabilitación de ecosistemas (tablas 2, 3 y 4), incluyendo el manejo de estresores y subsidios con relación a su punto de interacción en el ecosistema. Finalmente, ilustramos los conceptos de rehabilitación de ecosistemas para terrenos dañados, degradados y abandonados mediante ejemplos de casos de estudio en zonas vitales secas a húmedas y en situaciones tanto en islas como en continentes a través de los trópicos. Los casos de estudio demuestran que existen oportunidades de éxito, aún en el caso de suelos seriamente degradados, pero todavía nos resta una cantidad considerable de investigación por hacer antes de que tengamos un entendimiento pleno de la complejidad de la tarea que nos queda por delante. (Ver figuras, versión inglés).

Tabla 2. —*Requisitos ecológicos para rehabilitar terrenos forestales dañados y degradados.**

Estrategias generales

- Mantener flexibilidad de enfoque.
- Estar pendiente de las condiciones ambientales locales.
- Evitar la especificidad en la meta final.
- Emparejar sistemas que maximicen su valor y aceleren la rehabilitación, (por ejemplo, usar efluente de cloacas tratado para el riego cuando sea posible para acelerar el crecimiento de las plantas).
- Crear núcleos de actividad biótica.
- Maximizar la complejidad del ecosistema para optimizar el uso de los recursos del lugar.
- Maximizar la protección contra pestes, incendios, etc., y minimizar los riesgos.
- Usar estresores para detener la sucesión en un punto final deseado.

Estrategias cuya meta es el suelo

- Manipular los suelos según sea necesario, ya sea desde un punto de vista físico o biótico (por ejemplo desgarrar los suelos, introducir fauna de suelos, micorriza, etc.).
- Fertilizar y regar cuando sea absolutamente necesario (por ejemplo, en terrenos abandonados o en áreas áridas).
- Mantener la capa arable de los terrenos húmeda, fresca y sombreada.
- Ser consciente de que las estrategias de ciclaje de nutrientes pueden cambiar durante el proceso de rehabilitación.

Estrategias cuya meta es la flora y la fauna

- Maximizar la cubierta vegetativa.
- Restaurar la cubierta de los árboles.
- Manipular la vegetación existente antes de intentar sustituirla.
- Usar técnicas de siembra directa múltiples cuando tenga dudas sobre qué sembrar.
- Permitir que la selección natural determine cuál es la mejor combinación de especies para un lugar.
- Desarrollar mezclas de especies a base de su capacidad de combinación ecológica.
- Usar barbechos para llevar a cabo la mayoría de la rehabilitación forestal.
- Usar especies exóticas para promover las especies indígenas.

*Según Lugo 1988.

# INVESTIGACIÓN ECOLÓGICA

*Ariel E. Lugo*
*Ecólogo*

## CICLO GLOBAL DE CARBONO

Se utilizó un sistema de información geográfica para estimar la biomasa total y la densidad de biomasa de los bosques tropicales al sur y sureste de Asia dado que los datos de los inventarios forestales eran insuficientes para extrapolar estimados de densidad de biomasa a través de la región (Iverson *et al.* 1994). Inicialmente, modelamos la densidad de la biomasa prevista de no haber perturbaciones humanas o naturales. Este valor se derivó de estratos de datos del sistema de información geográfica sobre elevación, suelos, inclinación, precipitación y un índice climatológico integrado. La biomasa forestal total para nueve países se estimó en 176 Pg (1 Pg = $10^{15}$ g), o una densidad de biomasa potencial promedio de 322 Mg/ha.

Luego se sobrepuso un mapa de localizaciones de bosques para 1980 al mapa de biomasa forestal potencial, lo que resultó en un mapa de la DBP en localizaciones boscosas a 1980. El estimado de biomasa potencial total para estas localizaciones fue 63 Pg, lo que representó una pérdida de 64% en la biomasa potencial, que fue atribuida a la conversión en el uso de terrenos. Por otra parte, la DBP promedio de los bosques aumentó a 370 Mg/ha, lo cual es indicativo de que muchos de los terrenos convertidos antes de 1980 provenían de bosques con una densidad de biomasa más baja.

Finalmente, se incorporó la influencia de la densidad poblacional al cálculo del estimado de la densidad de biomasa potencial (fig. 1). El estimado resultante de biomasa forestal total real a 1980 fue de 33 Pg lo que representa una reducción de 52% en la biomasa potencial de las áreas forestadas a 1980 y de un 19% en la biomasa potencial para todo el subcontinente (fig. 2). La densidad de biomasa real para los bosques tropicales de sur y sureste de Asia a 1980 se estimó en 194 Mg/ha, o el 52% de la densidad de biomasa prevista para los bosques en ausencia de actividad humana u otras perturbaciones.

El método descrito parece ser capaz de estimar biomasa y cambios en biomasa en los trópicos. Los resultados destacan la importancia de considerar la degradación de bosques intactos además de la conversión práctica de bosques a otros usos cuando se evalúan los insumos de carbono a la atmósfera como resultado de cambios en el uso de los suelos en los trópicos.

Dos mapas que representaban los recursos forestales de la Península de Malasia, uno de ellos del 1972 y el segundo del 1982 se digitalizaron en el ARC/INFO para llevar a cabo un análisis de las tendencias espaciales y temporales (Brown *et al.* 1994). Los estimados de densidad de biomasa para 1972 y 1982 para cada una de las 11 categorías de bosques también se produjeron a partir de tablas de inventarios de rodales. Estos datos nos permitieron calcular los cambios producidos en la cubierta y biomasa de los bosques durante la década. En términos generales, el área forestal se redujo en un 17% y la biomasa total en un 28%, no obstante, este por ciento varió por categoría de bosque. Por ejemplo, el área de bosques primarios se redujo en un 23% mientras que su biomasa se redujo en un 35%; el área de bosques perturbados se redujo en un 7% mientras que su biomasa se redujo en un 19%. Estos datos indican que, además de la pérdida de biomasa de los bosques debido a cambios en los usos de terreno, también ocurría una degradación de biomasa en los bosques. En conjunto, representaron una pérdida de 30 TgC/anual (1 Tg = $10^{12}$ g). Los cambios en el coeficiente de las áreas de perímetro se correlacionaron con el grado de degradación de

biomasa lo que sugirió que la fragmentación de los bosques de Malasia, un proceso que aumenta su accesibilidad, fue una causa de la degradación.

Los dos estudios resumidos arriba conducen a las siguientes conclusiones:

1. El uso del sistema de información geográfica nos permitió llevar a cabo una extrapolación espacial de nuestros conocimientos y datos locales y subregionales relativos a clima, topografía, suelos, presión poblacional y uso de terrenos a fin de estimar los cambios en la densidad de biomasa para el sur y sureste de Asia continental. La extrapolación basada en factores biofísicos y humanos provee un mejor estimado que los obtenidos con anterioridad.

2. La biomasa potencial total se estimó en 176 Pg ($176 \times 10^{15}$ g) para todo el sur y sureste de Asia, y la biomasa potencial total para áreas de bosque a 1980 en 64 Pg. Por lo tanto, la biomasa total se redujo en 64% en la región debido a la deforestación o la conversión de terrenos forestados a no forestados.

3. La biomasa real total para la región se estimó en 33 Pg, una pérdida de 48% de la biomasa potencial total a 1980 debido a degradación (reducción de biomasa en los bosques).

4. La zona ecoflorística con mayor cantidad de biomasa total se encontró en los bosques estacionales de la bajura; aproximadamente la mitad de la biomasa potencial total o real se encontró en esta zona. Sin embargo, los bosques húmedos montanos contenían la mayor densidad de biomasa, seguidos de cerca por los bosques estacionales de la bajura.

5. Los bosques cerrados tenían la mayor cantidad de biomasa potencial total y real ya que esta categoría cubre el 41% del área de bosques del sur y sureste de Asia. Los bosques cerrados promediaron una densidad de biomasa real de 202 Mg/ha en un área de 79.8 millones de hectáreas. Los bosques abiertos, encontrados en una cuarta parte del área forestada a 1980, tenían valores de densidad de biomasa bajos (densidad de biomasa real de 164 Mg/ha) y contenían aproximadamente 7 Pg de biomasa en el continente. Los bosques de cultivo itinerante también fueron muy importantes y contenían 8 Pg de biomasa a 1980.

6. Se estimó la biomasa total y la densidad de biomasa para diez países del sur y sureste de Asia. India reflejó la biomasa total más alta, sencillamente como función de su mayor tamaño; no obstante, reflejó la densidad de biomasa real más baja. Los bosques de Cambodia, seguidos de los bosques de Laos, Vietnam, Myanmar y la Península de Malasia reflejaron las densidades de biomasa más altas, estimadas en la actualidad en 300, 272, 261, 231 y 210 Mg/ha, respectivamente.

7. Una implicación del ciclaje mundial de carbono es la degradación generalizada que constituye otro mecanismo degradador (además de la deforestación) que reduce la biomasa y por lo tanto, los fondos de carbono en los bosques tropicales. Este mecanismo debe ser atendido en cualquier análisis futuro del presupuesto de carbono.

## MANEJO Y REHABILITACIÓN DE BOSQUES TROPICALES

Es hora de tomar medidas en cuanto al manejo de los bosques tropicales (Lugo 1992). Solamente una pequeña fracción de los ecólogos de mundo trabaja en los trópicos (tabla 1). Sin embargo, aunque los bosques tropicales influyen sobre el clima y los estándares de vida de personas en todo el mundo, éstos se desperdician debido al poco esfuerzo aplicado al manejo y mantenimiento de sus recursos. Los pasos a seguir para lograr el desarrollo

Tabla 3. —*Criterios para medir el éxito ecológico de la rehabilitación de terrenos.**

| Asunto | Criterios |
|---|---|
| Sostenibilidad del sistema | Debe ser autoperpetuante y no necesitar subsidios (biocidas, fertilizantes o riego) para mantenerse. |
| Vulnerabilidad a las invasiones | Debe resistir la invasión de otras especies. |
| Diversidad biológica | Todas las especies o grupos funcionales clave (plantas, animales y microbiota) deben estar presentes. |
| Productividad | Debe ser tan productivo como el original. |
| Retención de nutrientes | Los nutrientes deben reciclarse eficientemente. |
| Ciclo hidrológico | Deben restablecerse niveles aceptables de calidad y cantidad de agua (en la superficie y subterránea). |

*Según Ewel 1987 y Lamb 1988.

Tabla 4. —*Criterios para medir el éxito socioeconómico de la rehabilitación de terrenos.**

| Asunto | Criterios |
|---|---|
| Estabilidad del sistema | Densidad poblacional humana estable (crecimiento, tasas migratorias).<br>Precios de mercado estables.<br>Patrones de uso de terrenos y sistemas de tenencia de terrenos estables y equitativos.<br>Balance entre los cultivos comerciales y de subsistencia.<br>Tasa de consumo estable para otros recursos naturales (como leña, agua). |
| Eficiencia | Grado en que el público se involucra y participa en el proyecto (todos los miembros de la comunidad, no tan solo aquellos que reciben mayores beneficios). |
| Flexibilidad | Grado en que es posible la flexibilidad económica (como la producción de bienes que llevan a la acumulación de riquezas o excedentes de comida). |

*Según Lamb 1988.

## LITERATURA CITADA


Brown, S. y A.E. Lugo. 1994. Rehabilitation of tropical lands: a key to sustaining development, Restoration Ecology 2(2):97-111.

Brown, S., L.R. Iverson, y A.E. Lugo. 1994. Land-use and biomass changes of forests in Peninsular Malaysia from 1972 to 1982: a GIS approach. Páginas 117-143 *en* V.H. Dale, editor. Effects of land-use change on atmospheric $CO_2$ concentrations. Southeast Asia as a case study. Springer-Verlag, New York.

Ewel, J.J. 1987. Restoration is the ultimate test of ecological theory. Páginas 31-33 *en* W.R. Jordan, III, M.E. Gilpin, y J.D. Aber, editores. Restoration ecology: a synthetic approach to ecological research. Cambridge University Press, Cambridge, England.

Iverson, L.R., S. Brown, A. Prasad, H. Mitasova, A.J.R. Gillespie, y A.E. Lugo. 1994. Use of GIS for estimating potential and actual forest biomass for continental south and southeast Asia. Páginas 67-116 *en* V.H. Dale, editor. Effects of land use change on atmospheric CO concentrations. Southeast Asia as a case study. Springer-Verlag, New York.

Lamb, D. editor. 1988. Restoration of degraded ecosystems. International Union for the Conservation of Nature-World Conservation Union, Gland, Switzerland.

Lugo, A.E. 1988. The future of the forest: ecosystem rehabilitation in the tropics. Environment 30(7):17-20, 41-45.

Lugo, A.E. 1992. Tropical forest management-time to do something about it. Páginas 382-391 *en* American forestry: an evolving tradition. Proceedings of the Society of American Foresters, 1992 National Conservation. October 25-28, 1992, Richmond, Virginia. Society of American Foresters, Bethesda, Maryland.

May, R.M. 1992. Past efforts and future prospects towards understanding how many species there are. Páginas 71-81 *en* O.T. Solbrig, H.M. van Emden, y P.G.W.J. van Oordt, editores. Biodiversity and global change. Monograph No. 8. International Union of Biological Sciences. París.

## INVESTIGACIÓN DE CUENCAS

*Fred N. Scatena*
*Hidrólogo*

Durante el año 1994, el Bosque Experimental de Luquillo y la isla de Puerto Rico estuvieron bajo condiciones severas de sequía. En el área metropolitana, se racionó el agua por varios meses y el Bosque Nacional del Caribe tuvo grandes aumentos en solicitudes para retiro de agua. Para proveer la información científica necesaria para evaluar adecuadamente estas solicitudes y los impactos de la sequía en el ecosistema del bosque, se comenzaron varios estudios nuevos. El financiamiento para estos estudios se logró a través del programa de Manejo de Ecosistemas del Servicio Forestal de los Estados Unidos, el programa de Investigación Ecológica a Largo Plazo de Luquillo, y fondos existentes destinados a la investigación de cuencas. Los trabajos de investigación incluyen un estudio cooperativo con Armando González del Laboratorio de Incendios del Servicio Forestal de los Estados Unidos (USFS, sus siglas en inglés), agencia bajo el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, sus siglas en inglés). El estudio de González mide los beneficios económicos de la Integridad Ecológica del Río Mameyes en una estructura extendida de costo-beneficio. Otro estudio de Sherri Johnson de la Universidad de Oklahoma trata sobre "Patrones de flujos de corrientes internas en ríos tropicales". Andrés García de la Universidad de Connecticut está trabajando en una tesis de maestría sobre la predicción de los flujos que drenan el Bosque Nacional del Caribe. Se realizó un trabajo de investigación con la Fundación de Conservación de Puerto Rico sobre las hidrodinámicas del Estuario del Río Mameyes (Morris 1994). Jorge Ortiz, de la Universidad de Colorado, hizo su tesis doctoral sobre los efectos de flujos mínimos en el metabolismo del Bosque Experimental de Luquillo. Además, el Instituto, en unión al Servicio de Pesca y Vida Silvestre de los Estados Unidos, auspició un taller de recursos acuáticos puertorriqueños. Este año fiscal también vio la publicación de los acontecimientos de un simposio internacional auspiciado por el Instituto acerca de los Bosques Montanos Nublosos del Trópico (Hamilton *et al.* 1994).

Durante el 1994 también se completó una evaluación del Bosque Experimental de Luquillo y de Puerto Rico a base de "Solar Emergy" (Doherty *et al.* 1994). "Emergy" una medida de recursos a base de energía expresada en "joules" solares, son actividades económicas que se pueden utilizar para evaluar las opciones de la política pública. El estudio mostró que Puerto Rico tiene un uso "Emergy" per capita relativamente alto y similar al de varios países europeos. También mostró el estudio que el valor público de los terrenos del Bosque de Luquillo es de 16 a 25 veces más alto de lo que actualmente han tasado como valor al mercado los terrenos adyacentes al bosque. Entre los muchos valores que aporta el bosque, el estudio demostró que el agua de la superficie tiene las más altas de las funciones derivadas (tabla 1). Como parte del requisito de su tesis para el Programa Europeo de Manejo Ambiental (Nauman 1994), Monika Nauman completó un estimado del uso del agua en el bosque. Esta es la primera vez que se realizará una tasación del uso del agua en el bosque. Su análisis demostró que aproximadamente 19% de la precipitación que entra al bosque anualmente se desplaza hacia fuentes municipales de agua (fig. 1). Sin embargo, ya que gran cantidad del agua que se retira del bosque ocurre durante tormentas, en un día promedio aproximadamente 53% del flujo de corrientes del bosque se extrae para uso municipal antes de que ésta llegue al mar. El agua que se extrae de los riachuelos que drenan el bosque es suficiente como para suplirle a un 18% de la población de la Isla y tiene un valor en el mercado de unos 27 millones de dólares anuales.

Este año fiscal también marcó la renovación del programa de Investigación a Largo Plazo

Tabla 1. —*Evaluación de emergía solar del Bosque Experimental de Luquillo (BEL) en 1992. Se incluyen emergía sosteniendo funciones de ecosistemas, presupuestos administrativos y de investigación, consumo de combustible, inversiones atraidas y ecoturismo*[a].

| Factor de evaluación | Flujo de Recurso (J, $/año) | Transformidad solar (sej/J, sej/$) | Emergía solar (sej/año) | em$, 1992 (1000 em$/año) |
|---|---|---|---|---|
| Insumo de recurso ambiental: | | | | |
| 1. Bosque Enano, Nublado (412 ha) | — | — | 5.35 E+18 | 3258 |
| 2. Bosque Colorado (3285 ha) | — | — | 2.07 E+19 | 12581 |
| 3. Bosque de Palma (1914 ha) | — | — | 1.11 E+19 | 6725 |
| 4. Bosque de Tabonuco (5657 ha) | — | — | 1.24 E+19 | 7572 |
| Recurso social: | | | | |
| Servicio de apoyo económico: | | | | |
| 5. Presupuesto del Bosque Nacional del Caribe | 2,865,000 $ | 1.64 E+12 | 4.71 E+18 | 2865 |
| 6. Administración del Instituto Internacional de Dasonomía Tropical (IIDT) | 1,685,000 $ | 1.64 E+12 | 2.77 E+18 | 1685 |
| 7. Consumo de electridad | 2.48 E+12 J | 1.25 E+05 | 3.09 E+17 | 188 |
| 8. Consumo de combustible | 1.83 E+13 J | 47900 | 8.78 E+17 | 534 |
| Inversiones atraidas: | | | | |
| 9. Investigación del IIDT | 2,527,000 $ | 1.64 E+12 | 4.15 E+18 | 2527 |
| 10. Cooperación internacional | 643,000 $ | 1.64 E+12 | 1.06 E+18 | 643 |
| 11. Otras investigaciones, (UPR, Fundación Nacional para las Ciencias) | 2,025,000 $ | 1.64 E+12 | 3.33 E+18 | 2025 |
| Turismo: | | | | |
| 12. Residentes locales | 386,000 residentes | | | |
| a. Dinero invertido para llegar al BEL | 2.70 E+6 $ | 1.64 E+12 | 4.44 E+18 | 2702 |
| b. Energía invertida durante la recreación | 8.42 E+12 J | 4.81 E+06 | 4.05 E+18 | 2461 |
| 13. Residentes no locales | 114,000 visitantes | | | |
| a. Dinero invertido para llegar al BEL | 2.49 E+06 $ | 1.60 E+12 | 3.98 E+18 | 2419 |
| b. Energía invertida durante la recreación | 2.49 E+11 J | 8.90 E+06 | 2.21 E+18 | 1346 |

[a]DeDoherty *et al.* (1994).

de Luquillo. El objetivo principal de este proyecto, el cual es manejado conjuntamente por el Instituto y la Universidad de Puerto Rico, es entender, desde unas perspectivas de población, comunidad, ecosistemas, paisaje, las interacciones de disturbios, los parámetros físicos, y la biota tropical. Durante los primeros seis años del programa, se completaron más de 150 publicaciones evaluadas y 23 tesis graduadas sobre la ecología del bosque. Los próximos seis años también prometen ser una época importante y productiva dentro de la investigación del bosque de Luquillo.

También continúa la investigación ecológica de la recuperación de las cuencas de Bisley después del paso del huracán Hugo. El mes de septiembre de 1994 marcó el 5to. aniversario del paso del huracán. El otoño dio por terminada una nueva medición de las parcelas de Bisley. Un análisis de la recuperación en los últimos cinco años se presentará en una edición especial de Biotropica que saldrá para septiembre de 1995. Durante el año 1994, se publicó un trabajo detallado sobre las tierras de Bisley (Silver *et al.* 1994). Además, junto con la Universidad de Tennessee se comenzaron estudios cooperativos a cerca del papel que juega la vegetación herbácea.

Continúan trabajos de investigación en cooperación con la Universidad del Estado de la Florida en torno a las dinámicas del uso de tierras en las tierras bajas del Brasil. Durante el año, el Instituto y la Universidad del Estado de la Florida auspiciaron en la Asociación Americana de Geógrafos un simposio internacional sobre las dinámicas del uso de tierras en Brasil. Actualmente se están editando las 10 presentaciones para un volumen especial que se publicará en la Revista Ecological Economics. (Ver figura, versión inglés).

## LITERATURA CITADA


Doherty, S.J., F.N. Scatena, y H.T. Odum. 1994. Emergy evaluation of the Luquillo Experimental Forest and Puerto Rico. Center for Env. Policy, Env. Eng. Sciences, of Florida. 67 p.

Hamilton, L.S., J. Juvik, y F.N. Scatena, editores. 1994. Tropical Montane Cloud Forests. Ecological Studies 110. Springer-Verlag, New York. 407 p.

Morris, G. y G. Hu. 1994. Preliminary Hydrodynamic Analysis of A Salt Wedge Estuary: Río Mameyes, Puerto Rico. Fundación Puertorriqueña de Conservación, San Juan, Puerto Rico.

Nauman, M. 1994. A Water Use Budget for the Caribbean National Forest. Thesis submitted in partial requirements for European Master in Environmental Management. 1993/1994. 51 p.

Silver, W.L., F.N. Scatena, A.H. Johnson, T.G. Siccama, y M.J. Sánchez. 1994. Nutrient availability in a montane wet tropical forest in Puerto Rico: spatial patterns and methodological considerations. Plant and Soil.

# PRODUCCIÓN Y CONSUMO DE MONÓXIDO DE CARBONO ATMOSFÉRICO DE PRADERAS Y BOSQUES EN EL NORESTE DE PUERTO RICO

*Michael Keller y Matt Tarr*[1]
*Investigador de Cuencas Físicas*
*[1]EPA, 960 College Station Rd., Athens, Georgia 30613*

El monóxido de carbono (CO) es un gas moderadamente reactivo cuya vida atmosférica varía de semanas a meses. En la libre tropósfera el CO y el metano ($CH_4$) son los sumideros más importantes para el radical hidróxilo (OH). El radical OH es el oxidante dominante en la troposfera y permite que la misma sea un sistema "autolimpiador". Hay varias fuentes conocidas de CO incluyendo los combustibles fósiles, la combustión biomasa, la oxidación de hidrocarburos atmosféricos y las emisiones directas de la biosfera. El sumidero de monóxido de carbono es dominado por la reacción con el OH. Llevar cuenta del presupuesto global de CO permite una fuente biogénica directa de $10^{14}$ a $10^{15}$ g CO $y^{-1}$.

La cuantificación de las emisiones biogénicas de CO, en particular la proveniente de las plantas, se ha limitado mayormente al laboratorio. Mediante el uso de cámaras de suelo estáticas y cámaras de hojas dinámicas, estamos estudiando el intercambio de CO entre suelos, vegetación y la atmósfera en el Bosque Experimental de Luquillo y en las praderas que circundan al mismo. Las muestras de CO se guardan en jeringuillas de vidrio y se analizan el mismo día en que se toman. Las muestras se analizan por medio de cromatografía en fase gaseosa con un detector de vapor de mercurio con lecho de óxido mercúrico para gases reducidos (Análisis de Traza RGA-3).

Los suelos pueden ser fuentes o sumideros de CO. En las cámaras opacas, el intercambio de CO entre los suelos y la atmósfera es leve, ya sea negativo o positivo ($10^{10}$ moléculas $cm^{-1}$ $s^{-1}$). Hay diferencias entre suelos de praderas y bosques cuando el análisis se realiza con las cámaras de vidrio transparente. Los suelos del bosque consumen CO a tasas similares a las observadas en las cámaras opacas. Sin embargo, bajo condiciones a pleno sol en las praderas, hemos medido flujos positivos grandes (>$10^{11}$ moléculas $cm^{-1}$ $s^{-1}$).

Las observaciones de hojas a la sombra y a pleno sol producen resultados similares. Se correlacionaron las emisiones de CO con una irradiación de espectro completo de flujos grandes (>$10^{11}$ moléculas $cm^{-1}$ $s^{-1}$) registradas bajo condiciones soleadas (>50 mW $cm^{-2}$). Estos resultados sugieren que la fuente de CO de la biosfera terrestre a la atmósfera global amerita mayor investigación.

# DIVERSIDAD GENÉTICA EN Y ENTRE UNIONES DE ÁRBOLES DE *DACRYODES EXCELSA*

*Migdalia Álvarez, Jim L. Hamrick[1], Ariel E. Lugo y Fred N. Scatena*
*Ecóloga, Geneticista, Ecólogo e Hidrólogo*
*[1]Departamento de Botánica, Universidad de Georgia, Athens, Georgia*

El tabonuco (*Dacryodes excelsa*) es la especie dominante en las elevaciones más bajas del Bosque Experimental de Luquillo. Se ha informado que más del 60% de todos los tallos, áreas basimétricas y biomasa del tabonuco ocurre en uniones de árboles, interconectados por injertos de raíces auto e intraespecíficos (Basnet *et al.* 1993). Se desconoce el momento específico en la historia de un árbol en que ocurre el injerto. Las observaciones de campo han demostrado que la mayoría de las plántulas no están injertadas. Varios tocones, definidos como apéndices vivos de árboles que están físicamente unidos, se observan en otras partes de las Cuencas Hidrográficas Experimentales de Bisley. Los injertos vivos en tocones descompuestos contiguos a árboles injertados son indicativos de que algunas uniones abarcan varias generaciones. En las Cuencas Hidrográficas Experimentales de Bisley, las uniones tienen de 2 a 14 individuos (Basnet *et al.* 1993).

No obstante, el tabonuco también evidencia un esfuerzo de reproducción dual: vegetativa (e.g., clonal) y sexual (Álvarez 1994). La reproducción vegetativa produce uniones lineales de árboles conforme a la dirección de expansión de la raíz principal y sus yemas accesorias. En la actualidad se lleva a cabo un esfuerzo de investigación para determinar qué grado de relación existe entre los árboles y los vástagos contiguos a una unión. Queremos saber cuán estrechamente se relacionan las uniones contiguas y las uniones en diferentes partes de las montañas de Luquillo, y si los árboles de tabonuco en uniones son genéticamente diferentes a los tabonucos que no forman parte de una unión.

A fin de establecer la relación genética de la unión como unidad de estudio, usamos el análisis electroforético (Hamrick *et al.* 1992, Hamrick y Murawski 1991, Hamrick *et al.* 1989, Loveless y Hamrick 1987) para la determinación de aloenzimas en las hojas del *D. excelsa*. Un enfoque preliminar incluyó el análisis de muestras para determinar: la aptitud de la especie para análisis de aloenzimas, qué sistema de enzimas funcionará mejor y el total de loci polimórficos. Se tomaron muestras de por lo menos cinco uniones de árboles en las Cuencas Hidrográficas de Bisley en el Bosque Experimental de Luquillo y en sus alrededores. Los árboles, que ya habían sido estudiados por Basnet, Scatena y Álvarez, se marcaron. Se tomaron dos o tres hojas maduras en ramas de cada árbol. Se aplicaron técnicas de "rappelling" para alcanzar los doseles de los tabonucos a una altura de 25-30 m. El análisis de laboratorio se efectuó en el laboratorio de genética de J.L. Hamrick en Athens, Georgia.

Se transportaron 31 muestras de hojas de *D. excelsa* a la Universidad de Georgia en Athens, para electrofóresis de gel de aloenzimas. Las muestras se recogieron de las Cuencas Hidrográficas de Bisley en tres áreas: Cristal 1 (12 muestras), la Torre Bisley (7 muestras) y Cirio (12 muestras). Se lavaron las hojas para eliminar los hongos y otras sustancias de la superficie de las mismas. Las muestras se dividieron en dos. Quince a ser extraídas con un amortiguador "Needle" y 16 con un amortiguador "Camellia". El objetivo era hacer pruebas con todas las combinaciones disponibles de enzimas/amortiguadores. Se corrieron de cuatro a ocho gels diariamente durante cinco días. Se identificaron seis sistemas de enzimas/amortiguadores como los mejores para el *D. excelsa*. Este trabajo preliminar rindió efectos positivos en seis sistemas y las hojas demostraron ser apropiadas para extender el análisis genético.

También estabamos interesados en saber durante cuánto tiempo las hojas podrían retener su actividad enzimática. Decidimos llevar a cabo otro procedimiento de extracción seis días después de la recopilación de hojas y de estos ser transportadas de Puerto Rico a Athens, Georgia. Los resultados obtenidos fueron similares a los del primer día de trabajo en el laboratorio. Los resultados nos aseguran que pueden obtenerse muestras de los bosques de Puerto Rico y transportarse a Athens, Georgia sin que éstas pierdan su actividad bioquímica.

Desde el verano pasado, las muestras de hojas se envían a la Universidad de Georgia. Se llevará a cabo un análisis completo de por lo menos 50 muestras en cada uno de los bosques de tabonuco en Bisley, el Verde, Bayamón, Ciales y Jayuya para comparar uniones a través de Puerto Rico.

## LITERATURA CITADA


Álvarez, M. 1994. Physiological ecology of *Dacryodes excelsa* tree unions. Dissertation Proposal. University of Puerto Rico, Río Piedras, P.R.

Basnet, K., G.E. Likens, F.N. Scatena, y A.E. Lugo. 1993. Ecological consequences of root grafting in Tabonuco (*Dacryodes excelsa* Vahl) in the Luquillo Experimental Forest, Puerto Rico. Biotropica 25(1):28-35.

Hamrick, J.L., H.M. Blanton, y K.L. Hamrick. 1989. Genetic structure of geographically marginal populations of ponderosa pine. American Journal of Botany 76(11):1559-1568.

Hamrick, J.L. y D.A. Murawski. 1991. Levels of allozyme diversity in populations of uncommon neotropical tree species. Journal of Tropical Ecology 7:395-399.

Hamrick, J.L., M.J. Godt y S.L. Sherman-Broyles. 1992. Factors influencing levels of genetic diversity in woody plants species. New Forests 6:95-124.

Loveless, M.D. y J.L. Hamrick. 1987. Distribución de la variación de especies de árboles tropicales. Rev. Biol. Trop. 35(1):165-175.

# VARIABILIDAD GENÉTICA ENTRE POBLACIONES DE *PTEROCARPUS OFFICINALIS* Jacq. EN EL NORESTE DE PUERTO RICO

*Migdalia Álvarez, Jim L. Hamrick[1] y Fred N. Scatena*
*Ecóloga, Geneticista e Hidrólogo*
*[1]Departamento de Botánica, Universidad de Georgia, Athens, Georgia*

El *Pterocarpus officinalis* es un árbol halófito facultativo que tiende a crecer en rodales monoespecíficos a lo largo de áreas costaneras y cursos de los ríos. En 1979, Woodbury informó un total de quince áreas de *Pterocarpus* en Puerto Rico, la mayoría de ellos concentrados en la región noreste. Cintrón (1983) estimó su cobertura en aproximadamente 238 ha. En el pasado, la región montañosa de la Isla contaba con árboles o rodales de *Pterocarpus* en las áreas ribereñas, según informaron Bates (1929), Gleason y Cook (1926) y Beard (1949). En la actualidad solamente restan los de las montañas de Luquillo (Álvarez 1990).

La mayoría de los bosques de *Pterocarpus* de Puerto Rico se localizan en la región noreste de la Isla. Aproximadamente el 75% de todos los bosques de *Pterocarpus* informados en Puerto Rico (168 ha de un total de 238) se concentran en el área al Este del Río Espíritu Santo y hasta el Río Antón Ruiz en Humacao. Su presencia a lo largo de la costa noreste se debe al abasto contínuo de agua dulce de la Sierra de Luquillo donde se localiza el Bosque Experimental de Luquillo (Álvarez 1994).

El Río Mameyes es la avenida principal a través de la cual la semilla de *Pterocarpus* se mueve de las montañas a la costa. Este es el único lugar en Puerto Rico donde se podría esperar que ocurriese un movimiento contínuo entre poblaciones de las montañas a la costa. La meta principal de este trabajo es determinar la variabilidad genética entre poblaciones de *Pterocarpus* a lo largo del Río Mameyes y compararlas con otras poblaciones de *Pterocarpus* en otras áreas de Puerto Rico. Se presume que la variabilidad genética entre poblaciones a lo largo del Río Mameyes sea menos señalada a lo que es el caso con otras poblaciones a lo largo de la región noreste y en otras partes de Puerto Rico.

Con el fin de estimar la variabilidad genética entre poblaciones de *Pterocarpus*, usamos el análisis electroforético para la determinación de la aloenzimas en las hojas y semillas. Un enfoque preliminar incluyó el análisis de 25 muestras para tener una idea del loci polimórfico. La idoneidad del método ha sido demostrada para el *P. roherii* de la Isla Barro Colorado en Panamá.

Se tomaron muestras del bosque de *Pterocarpus* en el Bosque Experimental de Luquillo, de rodales a lo largo del Río Mameyes y de rodales a lo largo de los ríos Antón Ruiz Blanco, Espíritu Santo y Loíza y de Palmas del Mar. En el futuro se tomarán muestras de hojas en los bosques de Dorado, Sabana Seca, Patillas y Mayagüez. El análisis de laboratorio se efectuará en el Laboratorio de J.L. Hamrick en Athens, Georgia.

En mayo de 1994 se transportaron cien semillas de *Pterocarpus officinalis* al laboratorio. Hicimos varios ensayos de prueba con los sistemas de enzimas/amortiguadores usados con el *Pterocarpus roherri* de Panamá (Barro Colorado). Obtuvimos resultados pobres con ambos sistemas y con ambos amortiguadores de extracción. Esto puede ser a consecuencia de: una fuente de semillas pobre (viejas o muertas), semillas en estado latente, o un exceso de amortiguador de extracción. Otra explicación posible es que las semillas requieran estar inmersas en agua más días para activar su sistema. Los mejores resultados se obtuvieron con TPI (Camellia), DIA (Camellia), MDH (buena en Needle y Camellia), AK (Camellia) y 6-P (Camellia). Decidimos obtener muestras de hojas frescas para ensayos y para determinar el mejor sistema de enzimas/amortiguadores para esta especie.

## LITERATURA CITADA


Álvarez, M. 1990. Ecology of *Pterocarpus officinalis* forested wetlands in Puerto Rico. Chapter 10. Páginas 251-265 *en* A.E. Lugo, M. Brinson y S. Brown, editores. Forested Wetlands Ecosystems of the World. Elsevier Publishers, Amsterdam.

Álvarez, M. 1994. Evaluación de poblaciones de *Pterocarpus officinalis* a lo largo del Río Mameyes en Luquillo. Coalición Ambiental de Puerto Rico. Mimeo. 4 p.

Bates, C.Z. 1929. Efectos del huracán del 13 de septiembre de 1928 en distintos árboles. Revista de Agricultura de Puerto Rico: 113-117 p.

Beard, J.S. 1949. The Natural vegetation of the Windward and Leeward Islands. Oxford Forestry Memoirs No. 21. The Clarendon Press, Oxford.

Cintrón, B. 1983. Coastal freshwater swamp forests: Puerto Rico's most endangered ecosystem. Páginas 249-282 *en* Ariel E. Lugo, editor. Los Bosques de Puerto Rico. Instituto de Dasonomía Tropical y Departamento de Recursos Naturales San Juan, Puerto Rico.

Gleason, H.A. y M.T. Cook. 1926. Plant ecology of Puerto Rico. Scientific Survey of Porto Rico and the Virgin Islands. Volume 7 part 2. 173 p.

Woodbury, R. 1979. Notes from *Pterocarpus officinalis* - A freshwater swamp in Puerto Rico. University of Puerto Rico, Río Piedras, Puerto Rico. Mimeo. 2 p.

# El INVENTARIO CIENTÍFICO DE PUERTO RICO Y LAS ISLAS VÍRGENES: SIMPOSIO Y PUBLICACIÓN CONMEMORATIVA DEL OCTAGÉSIMO ANIVERSARIO

*Julio C. Figueroa Colón*
*Ecólogo*

Como ocasión del octogésimo aniversario de la implementación de un Inventario Científico organizado por la Academia de las Ciencias de Nueva York, el estudio más diverso y sistemático de los componentes de la historia natural de Puerto Rico y las Islas Vírgenes estadounidenses, el Instituto Internacional de Dasonomía Tropical y la Fundación de Conservación de Puerto Rico organizaron un simposio de un día en San Juan, Puerto Rico. Auspiciado por la Comisión de Puerto Rico para la Celebración del Quingentésimo Aniversario del Descubrimiento de Puerto Rico, y la Universidad del Sagrado Corazón, el evento presentó un programa encaminado a resumir el desarrollo y los productos del Inventario.

Visto en su totalidad, el Inventario (19 tomos) constituye una de las descripciones más completas que existe de la historia natural de cualquier área de tamaño igual jamás intentada. Es la piedra angular de toda investigación referente a la historia natural de las Islas. Para algunas disciplinas sigue siendo la fuente de referencia principal.

Un volumen de las actas de sesiones del simposio, cumplimentado por diez trabajos escritos adicionales, ha sido preparado y sometido para la publicación a la Academia de las Ciencias de Nueva York. Las actas de sesiones se publicarán a principios del 1996, como se hizo con el Inventario original, en las Crónicas (*Annals*) de la Academia de las Ciencias de Nueva York.

# OTROS ESTUDIOS ECOLÓGICOS

*Carlos D. Rodríguez Pedraza*
*Ecólogo*

Durante el año pasado se continuaron los trabajos de investigación en las áreas recreativas del bosque, se comenzó un nuevo estudio en la Vereda Interpretativa de la Cotorra Puertorriqueña. Se comenzó el desarrollo de una oficina dedicada a Sistema de Información Geográfica y Sistema de Posicionamiento Global (GIS/GPS, sus siglas en inglés). Asistencia en SPG a varias agencias en Brasil (SUDAM, EMBRAPA y INPE) fue dada mediante un entrenamiento de dos semanas. Se visitó el Bosque Nacional de Tapajós, Santarém-Brasil, para auscultar las posibilidades de investigaciones en áreas donde se contempla desarrollar áreas recreativas. Detalles de estas actividades se describen a continuación.

## EFECTOS DE LAS ACTIVIDADES RECREATIVAS EN LA ESTRUCTURA DE LA VEGETACIÓN EN EL BOSQUE EXPERIMENTAL DE LUQUILLO

Estudios sobre los efectos de la recreación en el trópico son escasos. De una bibliografía anotada de los impactos de actividades recreativas compilada por Cole y Schreiner (1981), ninguno de los 348 estudios allí incluidos era de los trópicos. De éstos, el 70% era de los Estados Unidos continentales solamente. Obviamente, los efectos de recreación han sido bien observados en bosques templados, y las políticas de manejo han sido desarrolladas y puestas en práctica para minimizar el deterioro de estas áreas basados en ellos. ¿Pero pueden éstas ser aplicadas a bosques tropicales? Los bosques tropicales son ecosistemas complejos, y muy poco se conoce sobre los efectos de actividades recreativas en estos sistemas. Ya que la recreación al aire libre está en demanda y jugará un papel importante en el bosque, hemos comenzado el primer estudio relacionado para monitorear y cuantificar los efectos de estas actividades en el Bosque Experimental de Luquillo.

Los objetivos generales del estudio son de establecer rodales de investigación permanente (a base de transectos) en varias áreas para monitorear cambios en la vegetación y suelos a través del tiempo. También intentamos conocer las condiciones actuales de las áreas recreativas en términos de estructura de comunidad de plantas. Para hacer esto, compararemos veredas con diferentes niveles de intensidad de uso y diferentes sitios con condiciones edáficas y climáticas similares. Además, estos transectos servirán como áreas permanentes de estudio para otros científicos en otras áreas de investigación.

La colección de datos se completó y el análisis de los mismos está en proceso. Efectos de la distancia sobre la cobertura de vegetación hasta el momento, no son muy claros. Los efectos mayores tienden a ser dentro de los primeros cinco metros desde el centro de la vereda. Cuando aislamos las especies exóticas vemos tendencias más marcadas. La figura 1 muestra el porciento de cobertura de vegetación de especies exóticas por distancia. Podemos observar que el porciento de cobertura de vegetación disminuye a medida que nos alejamos del centro de la vereda y también al adentrarse en la vereda. Al parecer la forma en que la mayoría de las veredas están construidas (pavimentadas) en el bosque tienen un efecto positivo de mantener los visitantes en la vereda.

## VEREDA INTERPRETATIVA DE LA COTORRA PUERTORRIQUEÑA

El Servicio Forestal de los Estados Unidos (Bosque Nacional del Caribe) en colaboración con el Servicio de Pesca y Vida Silvestre están en el proceso de rediseñar la vieja Vereda Interpretativa de la Cotorra Puertorriqueña en el área de Caimitillo. Este rediseño consistirá en establecer una serie de letreros, cada uno independiente del otro, con información del

# VEGETACIÓN MONTANA EN LOS TRÓPICOS: CONTROL DEL DESARROLLO, LA ESTRUCTURA Y FUNCIÓN DE LOS ECOSISTEMAS DE LOS BOSQUES NUBLADOS

*Whendee L. Silver*
*Ecóloga*

El primer año de investigación del Proyecto de Bosques Montanos fue sumamente productivo, tanto en el campo como en el laboratorio. En 1994 se completó un estudio emocionante que demostró un serio estrés anóxico en los suelos de los bosques tropicales muy húmedos no-inundados de las alturas. Las condiciones anaeróbicas se correlacionaron significativamente con la pérdida de riqueza de especies a nivel paisajista, donde se observó una producción decreciente de oxígeno y una producción creciente de metano en los suelos (un índice de condiciones de reducción-oxidación bajas) a lo largo de una gradiente desde el bosque de Tabonuco rico en especies hasta el bosque nublado pobre en especies. Este patrón también se observó a escala local, a lo largo de una gradiente desde la cima de las montañas hasta los valles ribereños en el bosque de Tabonuco. El bajo contenido de oxígeno en los suelos de los valles ribereños —pobres en especies— correlacionó negativamente con los 14 días de lluvia anteriores, lo que refleja un alto grado de acoplamiento entre los cambios climatológicos a corto plazo y el proceso ecológico de los bosques tropicales muy húmedos (que generalmente se consideran no estacionales). Esta investigación demuestra, por primera vez, que la aeración de los suelos tiene un impacto significativo sobre la diversidad y distribucción de especies en los bosques tropicales muy húmedos.

La investigación actual está dirigida a determinar qué factores contribuyen a la anaerobiosis y otras condiciones edáficas que podrían conllevar cambios en la estructura y función del ecosistema en las alturas del Bosque Experimental de Luquillo. Se han establecido doce parcelas a lo largo de una gradiente elevada (750 a 1050 m) que abarca bosques nublados bajos, bosques nublados altos, bosques de palmas, y bosques de Palo Colorado. Se marcaron, midieron (diámetro y altura) e identificaron las especies de todo árbol con d.a.p. ≥2.5 cm. Además, se localizaron todas las parcelas en el Sistema de Información Geográfica (GIS, sus siglas en inglés) del servicio forestal usando equipo (*hardware*) y programación (*software*) de posicionamiento global. Los datos revelaron diferencias significativas en riqueza de especies, composición de especies, área basimétrica y altura entre los diferentes tipos de bosques. Se observaron patrones débiles con elevaciones lo que sugiere que los bosques nublados bajos tienden a darse en las crestas expuestas, aunque se encontraron bosques nublados altos en crestas a elevaciones ligeramente menores. Los bosques de Palo Colorado ocurrieron en el límite de elevación más bajo del área de estudio, y se observaron bosques de palmas en toda la extensión, con excepción de las cimas de montañas sumamente expuestas.

Se comenzó un programa intensivo de monitoría de las parcelas para hojarasca, oxígeno en los suelos y lluvia como índices de productividad y anoxia en la zona de enraizado. Hemos construido cuatro estaciones meteorológicas a lo largo de la gradiente para determinar cuáles condiciones ambientales probablemente tengan una mayor influencia sobre los procesos del ecosistema. Las estaciones miden la irradiación total, PAR, la velocidad y dirección del viento, temperatura, humedad relativa (+/-0.3%) y lluvia. Los datos preliminares sugieren que la humedad relativa cambia dramáticamente a lo largo de la gradiente, presumiblemente debido a la presencia o ausencia de nubes y es mayor cerca de la cima de la montaña. Las mediciones futuras incluirán la respuesta de transpiración de las plantas a cambios en la cantidad de oxígeno disponible en los suelos y al déficit de saturación atmosférica. Como medio para propagar los conceptos y las medidas

desarrolladas por el Bosque Experimental de Luquillo, estamos colaborando con el Dr. L.A. Bruijnzeel de Holanda quien lleva a cabo un trabajo similar en Jamaica y esperamos construir una red de científicos y administradores dedicados a proteger los ecosistemas de los bosques nublados del Caribe.

Durante este año dos estudiantes subgraduados y varios estudiantes graduados de la Universidad de Yale, la Universidad de Pennsylvania y la Universidad de Stanford participaron en proyectos de investigación en los bosques nublados. El proyecto principal estudia la distribución y biodiversidad de las epífitas en las parcelas de bosques nublados bajos. Con fondos pareados del programa USFS Research Natural Areas (RNA) medimos la distribución y biomasa de las epífitas desde el suelo boscoso hasta el dosel y entre parcelas de los bosques y parcelas a lo largo de la carretera. En general, se considera que las epífitas son habitantes arbóreos, pero ocurren en todas partes a lo alto del Bosque Experimental de Luquillo. En teoría, las epífitas utilizan la atmósfera para adquirir recursos y los árboles para substrato solamente. Por lo tanto, las epífitas deben poder ocurrir en cualquier lugar que contenga suficientes recursos de substrato y recursos atmosféricos. Encontramos que las epífitas ciertamente ocurren en los suelos de los bosques nublados bajos y a los costados de las carreteras. Las parcelas contiguas a las carreteras tenían menos biomasa epifítica en el suelo (no hay árboles), pero una diversidad de orquídeas significativamente mayor (creciendo en drenaje de concreto). Durante este verano y otoño expandiremos el proyecto para incluir los otros tres tipos de bosque y las parcelas de carretera correspondientes. También llevaremos a cabo un experimento de trasplantes recíprocos en que intercambiaremos epífitas arborícolas y terrestres y moveremos ambos grupos a las parcelas contiguas a las carreteras. Se recogen muestras de todas las parcelas para efectuar un análisis de nutrientes a fin de determinar la función de las epífitas en el ciclo de nutrientes. Usaremos análisis de isótopos para determinar si las epífitas terrestres se han convertido en "terra-fitas" o si continúan usando la atmósfera como base de recursos. La capacidad de cambiar de una base de recursos a otra, o de utilizar más de uno simultáneamente sugeriría una adaptación importante tanto en términos de heterogeneidad temporal como espacial.

La investigación en el bosque de Tabonuco también continuó durante el 1994. Hemos completado seis años de muestreo de suelos, raíces y vegetación sobre tierra de las aperturas experimentales en las Cuencas Hidrográficas de Bisley. Los resultados sugieren que la mayoría de los elementos regresaron a los valores previos a la perturbación en un período de cuatro años después de la tala del bosque, aunque la biomasa bajo la tierra todavía continúa siendo significativamente menor a la que existía en el bosque antes de la perturbación. También llevamos a cabo un estudio a fondo de los factores que controlan los cambios en la disponibilidad de nutrientes y la composición de especies de plantas a lo largo de las gradientes topográficas en este bosque.

## BIBLIOGRAFÍA


Silver, W.L., S. Brown, y A.E. Lugo. 1996. Biodiversity and biogeochemical cycles. *En*: G. Orians, R. Dirzo, y H. Cushman, editores. Biodiversity and Ecosystem Processes in Tropical Forests. Springer-Verlag.

Silver, W.L., S. Brown, y A.E. Lugo. 1996. Effects of changes in biodiversity on ecosystem function in tropical forests. Conservation Biology. 10:17-24.

Silver, W.L. 1994. Is nutrient availability related to plant nutrient use in humid tropical forests? Oecología 98:336-343.

Silver, W.L., F.N. Scatena, A.H. Johnson, T.G. Siccama, y M.J. Sánchez. 1994. Nutrient availability in a montane wet tropical forest in Puerto Rico: spatial patterns and methodological considerations. Plant and Soil 164:129-145.

Silver, W.L., A.E. Lugo, y M. Keller. Soil atmosphere influences tropical rain forest biodiversity and species composition. Sometido a Science. En imprenta.

programa de recuperación de la Cotorra Puertorriqueña. La Vereda Interpretativa de Caimitillo tiene dos puntos de entrada y el nuevo diseño será de tal forma que se podrá comenzar el trayecto por cualquiera de las dos entradas. La vereda es aproximadamente de 1,300 m de largo, y tendrá de 5 a 6 letreros en adición a dos letreros de introducción y bienvenida. El área será manipulada para este proyecto. Se espera además que el número de visitantes para esta área aumente. Por estas razones establecimos rodales de investigación donde estos nuevos letreros serán ubicados. Se hizo una apreciación de la vegetación (% de cobertura de vegetación, arbolitos, árboles) en estos rodales. Luego que se lleven a cabo los trabajos en la vereda se volverá a hacer una apreciación de la vegetación. Apreciaciones subsiguientes serán llevadas a cabo. Será posible estudiar los efectos de la manipulación del área, recuperación y efecto del aumento en visitantes en el área.

## ACTIVIDADES EN BRASIL

Durante mayo 30 a junio 10 de 1994 se realizó un entrenamiento sobre el Sistema de Posicionamiento Global (GPS, sus siglas en inglés) para varias agencias Brasileñas. Personal del Centro de Pesquisas Agroforestal de Amazônia de EMBRAPA, la Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM), y el Instituto Nacional de Pesquizas Espaciais (INPE) participaron del mismo. Conceptos generales sobre SPG, uso de unidades de SPG de TRIMBLE con programación PATHLOG y el programa de procesamiento PFINDER fue enseñado durante el entrenamiento.

Un seminario básico de SPG fue presentado en la Faculdade de Ciências Agrárias do Pará (FCAP) a estudiantes graduados en dasonomía. Estos estudiantes fueron presentados con conceptos generales de SPG y sus aplicaciones en el manejo de recursos naturales.

Durante la semana de junio 13 de 1994, visité por dos días el Bosque Nacional de Tapajós, buscando oportunidades de investigación en áreas donde hay planes de desarrollo de áreas recreativas. El Bosque Nacional de Tapajós (560,000 ha), es parte del sistema de Bosques Nacionales de Brasil y está bajo el manejo del Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). Está localizado al sur de la ciudad de Santarém (Pará), bordeado por el Río Tapajós por el oeste, la carretera Santarém-Cuiabá al este y por el Río Cupari por el sur (Parrotta *et al.* en imprenta).

La comunidad de Majuari (una de varias comunidades pobres que existen en el bosque y a orillas del Río Tapajós) y la estación de Sucupira (al otro lado del bosque) fueron visitadas. Aunque los increíbles escenarios de este bosque lo hacen único, el mismo carece de las condiciones necesarias para el desarrollo de áreas recreativas. Para llegar a esta comunidad es necesario un viaje por bote de 4 horas. La comunidad se dedica a la producción de goma. No existe electricidad ni sistema de agua potable. Mucho dinero será necesario para poder desarrollar cualquier cosa en estas comunidades.

Para llegar a la estación de Sucupira se necesita un viaje de 3 horas por carretera sin pavimentar. Durante la época de lluvias el acceso es imposible. No existe ningún tipo de infraestructura en el lugar. En el estado actual el Bosque Nacional de Tapajós carece de las condiciones necesarias para desarrollar áreas recreativas según tienen planeadas. De esto cambiar, el Bosque Nacional de Tapajós representa una oportunidad única para investigación, ya que la mayoría de sus áreas son bosques vírgenes. Poco se conoce sobre los efectos de actividades de recreación en bosques tropicales y nuestros actuales estudios están basados en las condiciones existentes en las áreas recreativas del bosque.

El trabajo "Use of GPS with LANDSAT TM images to identify main crops in farms along the Transamazônica Highway, Brasil" (Rodríguez-Pedraza *et al.* 1994), fue presentado y publicado en los trabajos del Simposio Internacional de Recursos y Monitoreamiento

Ambiental (ECO RIO' 94) celebrado en Río de Janeiro, Brasil, en septiembre 26-30 de 1994. (Ver figura, versión inglés).

## LITERATURA CITADA


Cole, S.N., y G.S. Schreiner. 1981. Impacts of backcountry recreation: site management and rehabilitation- an annotated bibliography. USDA Forest Service General Technical Report INT-121. Intermountain Forest and Range Experiment Station. 62 p.

Parrotta, J.A., J.K. Francis, y R. Rolo. de Almeida. Trees of the Tapajós—a photographic field guide. General Technical Report IITF. New Orleans, LA: USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station. En imprenta.

Rodríguez Pedraza, C.D., R. Walker y P. Mourão de Oliveira. 1994. Use of GPS with LANDSAT TM images to identify main crops in farms along the Transamazônica Highway, Brazil. *En:* International Society For Photogrammetry and Remote Sensing, Proceedings ISPRS Commission VII Symposium: Resource and Environmental Monitoring; September 26-30, 1994. Río de Janeiro, Brazil. 30(7a):35-42.

# INVESTIGACIÓN DE VIDA SILVESTRE

*Joseph M. Wunderle, Jr.*
*Biólogo de Investigación de Vida Silvestre*

Durante el año fiscal 1994 hemos continuado con el segundo año de un estudio de aves migratorias, tal como se detalla a continuación:

## DISTRIBUCIÓN INVERNAL Y SUPERVIVENCIA DE AVES MIGRATORIAS NEOTROPICALES EN PEQUEÑAS VS. GRANDES PLANTACIONES DE CAFÉ EN LA REPÚBLICA DOMINICANA

Muchas aves migratorias son sensitivas a la fragmentación de los bosques en las zonas templadas de donde provienen, debido a la merma en la productividad del anidaje en los fragmentos forestales pequeños. La fragmentación en las áreas tropicales donde pasarán el invierno también podría afectar la supervivencia invernal de las aves migratorias. Por lo tanto, el efecto del tamaño del fragmento es un asunto de importancia mayor en la conservación de las aves migratorias en los trópicos. Nuestra investigación actual explora este asunto al usar 14 plantaciones de café a la sombra de distintos tamaños (0.25-8.5 ha), mayormente aisladas en medio de pastizales, para determinar: la influencia del tamaño y el aislamiento de la plantación en la diversidad y abundancia de las aves migratorias, la permanencia invernarla en el sitio de las aves migratorias, particularmente de la Reinita Azul (*Dendroica caerulescens)*, y de Candelita *(Setophaga ruticilla).*

Censos de puntos realizados en 40 plantaciones aisladas (0.09-8.65 ha) demostraron que el área de la plantación no tiene efecto en el número de especies o individuos de aves migratorias, pero sí lo tuvo en el número de especies e individuos de aves residentes. Un total de 10 especies de aves migratorias fueron encontradas en las plantaciones donde la razón de sexo se inclina hacia los machos tanto en la Reinita Azul *(Dendroica caerulescens)* como en Candelita *(Setophaga ruticilla).*

La persistencia en el sitio de las aves sedentarias anilladas se cuantificó determinando el porcentaje de aves sedentarias en noviembre que se encontraron otra vez en marzo. Dependiendo de la especie, del 62-79% de las especies sedentarias de noviembre todavía se encontraba en marzo. Este margen es comparable con los valores reportados en los bosques naturales de Jamaica (Holmes *et al.* 1989). Para la Reinita Azul *(Dendroica caerulescens)*, el valor de 79% (N=55) fue mayor que en Jamaica (66%) o Puerto Rico (42-68%, Wunderle, ms). Para Candelita *(Setophaga ruticilla)*, la razón de persistencia de 64% (N=28) fue menor que en Jamaica (79%). La mayor reposición de esta especie en nuestra área de estudio se debe a la desaparición de los machos adultos (solo el 55% permaneció durante el invierno, comparado al 87% en Jamaica) debido a que las hembras fueron más persistentes en el cafetal (87%) que en los bosques de Jamaica (70%). Por lo tanto, la permanencia invernal en el sitio en las plantaciones pequeñas es comparable y en algunos casos mayor que en bosques extensos en el Caribe.

La permanencia invernal en el sitio no difirió entre 4 plantaciones grandes y 9 pequeñas en la Reinita Azul *(Dendroica caerulescens)* (70% en las grandes vs 71% en las pequeñas), apenas se diferenció en Candelita *(Setophaga ruticilla)* (66% en las grandes y 60% en las pequeñas). Medidas de la grasa corporal, peso y la razón de crecimiento de plumas inducidas en la cola ("Ptilocronología") no se diferenciaron entre plantaciones grandes ni pequeñas, lo que no indica escasez de alimentos. Sin embargo, la razón de retorno anual baja (de marzo de 1993 a noviembre de 1993) para la Reinita Azul *(Dendroica caerulescens)* (24%, N=55) y de Candelita *(Setophaga ruticilla)* (22%, N=32) fue inesperada, aun cuando caen dentro

de la variación anual en bosques nativos. Estos valores bajos pueden indicar una mortalidad durante la migración o en las áreas de apareamiento.

Nosotros tentativamente concluimos que las altas densidades y la alta permanencia invernal de estas dos aves migratorias en los pequeños fragmentos de hábitat (0.25 a 8.65 ha) sugiere que la fragmentación en las áreas de invierno es menos importante que en las áreas de apareamiento, donde estas especies rara vez se encuentran en fragmentos menores de 100 ha.

Este trabajo ha sido financiado mediante fondos de la "National Fish and Wildlife Foundation" y de "MacArthur Foundation".

## PROYECTOS ADICIONALES

Durante este período, seis artículos fueron publicados en asuntos discutidos en cartas anuales anteriores. Hemos resumido nuestros censos de distribución de hábitats de aves migratorias terrestres en las Antillas Mayores y las Bahamas en Wunderle y Waide (1993). Hemos discutido sus expectativas futuras en el Caribe y ofrecido recomendaciones para su conservación (Wunderle y Waide 1994). Nuestros estudios en huracanes han redundado en recomendaciones de manejo para aves migratorias de invierno en el Caribe (Rottenbery *et al.* 1993) y en la primera revisión de literatura sobre los efectos de los huracanes tanto en aves residentes como en las migratorias (Wiley y Wunderle 1993). La propuesta transferencia de Cotorras de Puerto Rico a un zoológico de los Estados Unidos desató un análisis y crítica del concepto de metapoblación, tal como se aplica a poblaciones cautivas (Wilson *et al.* 1994). Como este análisis demostró, la recomendación de trasladar las Cotorras de Puerto Rico conlleva el aumento del riesgo de enfermedades y la potencial reducción del éxito de apareamiento al limitar la cantidad de machos de los que una hembra pueda escoger su pareja. Finalmente, se resumieron los métodos establecidos para censos de aves terrestres y se proveyó instrucciones y recomendaciones para su uso por los biólogos y manejadores de vida silvestre en el Caribe (Wunderle 1994).

## LITERATURA CITADA

Holmes, R.T., T.W. Sherry, y L. Reitsma. 1989. Population structure, territoriality and overwinter survival of two migrant warbler species in Jamaica. Condor 91:545-561.

Rotenberry, J.T., R.J. Cooper, J.M. Wunderle, y K.S. Smith. 1993. Incorporating effects of natural disturbances in managed ecosystems. Páginas 103-108 *en* D.M. Finch and P. Stangel, editores. Status and management of neotropical migratory birds; 1992 September 21-25; Estes Park, CO. General Technical Report RM-229. Fort Collins, CO: USDA Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station.

Wiley, J. y J.M. Wunderle. 1993. The effects of hurricanes on birds with special reference to Caribbean islands. Bird Conservation International 3:319-349.

Wilson, M.H., N.F.R. Snyder, S.R. Derrickson, F.J. Dein, J.W. Wiley, J.M. Wunderle, C.B. Kepler, A.E. Lugo, D.L. Graham, y W.D. Toone. 1994. Puerto Rican Parrots and potential limitations of the metapopulation approach to species. Conservation Biology 8:114-123.

Wunderle, J.M. y R.B. Waide. 1993. Distribution of overwintering neartic migrants in the Bahamas and Greater Antilles. Condor 95:904-933.

Wunderle, J.M. y R.B. Waide. 1994. Future prospects for overwintering nearctic migrants in the Caribbean. Bird Conservation International 4:71-87.

Wunderle, J.M. 1994. Census methods for Caribbean land birds. General Technical Report SO-98. New Orleans, LA: USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 26 p.

# INVESTIGACIÓN DE VIDA SILVESTRE

*Robert A. Askins y David N. Ewert*
*Biólogos de Vida Silvestre*
*Connecticut College*
*y*
*The Nature Conservancy*

Durante enero de 1994 completamos un estudio sobre el comportamiento alimenticio y la disponibilidad de las presas de las aves residentes invernales en St. John, Islas Vírgenes Estadounidenses. Este estudio se basó en los métodos desarrollados en un estudio piloto que se completó en 1993. Además, se midió la abundancia de las aves residentes invernales en St. John, continuando un censo estandarizado iniciado en 1987. Nuestra meta principal en el 1994 era perfeccionar los métodos de medición de la disponibilidad de presas para las aves residentes de invierno con el propósito de (1) ayudar en la interpretación de los cambios en las poblaciones de aves migratorias en el Parque Nacional de las Islas Vírgenes y (2) permitir comparaciones entre la calidad del hábitat y diferentes islas el Caribe.

En 1993 se compararon dos métodos de muestreo de insectos: el despliegue de trampas de Malaise y la inspección visual de hojas al nivel de los arbustos. Se usaron estos métodos en los dos tipos de hábitats en St. John, bosque húmedo tropical y bosque seco. Las trampas de Malaise capturaron principalmente dípteros en vuelo libre, muchos de los cuales eran relativamente grandes. Las observaciones de forrageo indicaron que estos insectos no son probablemente una presa importante para las aves residentes de invierno. Más aún, los insectos muestreados por las trampas de Malaise fueron menos abundantes en el bosque húmedo, donde las aves residentes de invierno se concentraban, y más abundantes en el bosque seco, donde estas aves eran más escasas. Consecuentemente, se concluyó que estas trampas no reflejaban la composición de las presas de las aves efectivamente, por lo que se descontinuó su uso en 1994.

Las hojas fueron el principal substrato para el forrageo de la mayoría de las especies de aves residentes de invierno, por lo que una inspección visual de las hojas en busca de artrópodos debería proveer un estimado de las abundancia de las presas. Censos de 1993 mostraron que los artrópodos de las hojas fueron significativamente más abundantes en el bosque húmedo, donde las aves residentes de invierno abundan, que en el bosque seco. Estos estudios solo muestrearon insectos al nivel de los arbustos, sin embargo, las observaciones de forrageo indican que la mayoría de las especies se alimentan principalmente en el dosel. Por lo tanto, se ha decidido en 1994 muestrear los insectos en las hojas tanto en el nivel de los arbustos como en el dosel.

## MÉTODOS

Comportamiento de forrageo: - Se ha registrado el microhábitat y las técnicas de alimentación de las aves mientras forragean. Los movimientos durante y los substratos del forrageo fueron registrados en una grabadora de casetes. La altura fue medida en intérvalos de un metro con un medidor ocular y un clinómetro. Para asegurarnos de la independencia de las observaciones, solo la información referente a la primera técnica de alimentación observada y su superficie asociada, fueron usados en los análisis estadísticos de los métodos de forrageo. Se realizaron observaciones en 10 localidades diferentes para evitar registrar observaciones del mismo individuo en repetidas ocasiones.

Abundancia de insectos a la altura de los arbustos: - Se utilizó una versión modificada del método de muestreo visual de hojas ("volteo

de hojas"). Debido a la gran variación en el tamaño de las hojas en los bosques tropicales, se encontró que era mucho mejor regularizarlo en término del tiempo de observación (Núm. de insectos por minuto) que basado en el número de hojas muestreadas (Núm. de insectos por hoja). En cada estación, se inspeccionó ambas caras de todas las hojas al nivel del pecho por un período de dos minutos. Insectos, arañas y caracoles fueron contados, y los primeros clasificados hasta el orden. Se completaron los muestreos en 140 estaciones en el bosque húmedo y en 60 en el bosque seco.

Abundancia de los insectos en el dosel: - Se realizó muestreo de insectos en el dosel alzando una malla con astas extendibles y colocándola sobre una rama que estubiese de 7 a 8 metros de altura. La malla contenía una bolsa plástica con un cordón que se aseguraba alrededor de la base de la rama para atrapar todos los insectos voladores. La rama era cortada usando las tijeras de poda de modo que la rama cayese en el suelo del bosque. Insectos, arañas y caracoles fueron contados, y los primeros clasificados hasta el orden. Una muestra del dosel fue tomada por cada una de las 200 estaciones al nivel de los arbustos.

Abundancia de aves: - Se utilizaron conteos en puntos con radio fijo para estimar la abundancia relativa de aves en 40 puntos en el bosque húmedo y en 22 puntos en el bosque seco. Los censos fueron hechos en los mismos puntos que en 1990, 1992 y 1993, y en las mismas áreas generales de 1987. Se registraron todas las aves detectadas en 25 metros alrededor del punto durante un período de observación de 10 minutos. Estos conteos se realizaban de las 6:30 a 9:30 de la mañana.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Abundancia de aves migratorias: - Los estudios realizados indican que la abundancia general de las aves residentes de invierno ha tendido a declinar desde 1987 (fig. 1). Gran parte del cambio reflejado se debe a la menor abundancia de la Reinita Pechidorada (*Parula americana*) la que declinó en el bosque de un promedio de 0.8 individuos por punto en 1987 a 0.2 en 1994. Debemos señalarse que no se ha estado monitoreando las poblaciones de aves migratorias el tiempo suficiente como para permitirnos un análisis significativo de las tendencias poblacionales.

Comportamiento de forrageo: - La altura promedio de forrageo para las cuatro especies más abundantes de aves residentes de invierno, la Candelita (*Setophaga ruticilla*), Reinita Pechidorada (*Parula americana*), Reinita Galana (*Dendroica discolor*) y la Reinita Trepadora (*Mniotilta varia*), fue de 7 a 10 m sobre el suelo (fig. 2). La altura fija para la recolección de hojas en el dosel (de 7 a 8 m) fue establecida luego de un análisis preliminar de los datos de los hábitos de forrageo. Las muestras del dosel reflejan más correctamente las disponibilidad de presas para las tres primeras especies mencionadas, las cuales capturan insectos de las hojas aún en las maniobras aéreas, pero no es relevante para la Reinita Trepadora, quien mayormente captura sus insectos en la corteza de los árboles. Las muestras de insectos al nivel de los arbustos reflejan principalmente la abundancia de presas para la Reinita Encapuchada (*Wilsonia citrina*), quien se alimenta mayormente a nivel del sotobosque.

Insectos de las hojas: - Las muestras al nivel de los arbustos al igual que en el dosel indican que las presas son más abundantes en el bosque húmedo, donde la mayoría de las aves insectívoras se concentran (figs. 3 y 4). Las densidades de los insectos, arañas y caracoles fue decididamente mayor en las hojas del bosque húmedo que en el bosque seco, para ambos niveles.

Las densidades de los insectos y arañas al nivel de los arbustos fue mayor en 1994 que en 1933 (fig. 3). Estas diferencias fueron significativas para ambos tipos de bosques. Nuestros estudios sugieren que la abundancia de artrópodos varía grandemente de año en año. Levantamos la hipótesis de que esto está relacionado a la altamente variable cantidad de

lluvia durante la época de sequía, el período donde las aves residentes invernales estan presentes en las Islas Vírgenes.

## CONCLUSIONES

Usando la información de los sustratos de alimentación y de las técnicas de forrageo, se desarrolló un método para determinar la disponibilidad de presas para la mayoría de las especies de aves migratorias en las Islas Vírgenes. Estas especies se alimentan principalmente de artrópodos del follaje tanto al nivel de los arbustos como en el dosel. Inspecciones visuales de "volteo de hojas" al nivel de los arbustos combinados con el conteo de insectos en las ramas podadas en el dosel fueron usados para estimar la abundancia de presas en el dosel en 200 estaciones en el Parque Nacional de las Islas Vírgenes. Tal tamaño de muestra relativamente grande nos permitió una comparación conclusiva de la abundancia de las presas en bosques húmedos y secos los dos hábitats terrestres mayores de St. John. Si tanto las poblaciones de aves como la de las presas fueran monitoreadas por varios años, seríamos capaces de determinar si las fluctuaciones de año en año de las poblaciones de aves residentes invernales en St. John están relacionadas a los cambios en la abundancia de las presas en la islas. Estos métodos pueden ser usados para comparar efectivamente la abundancia de aves residentes de invierno y sus presas de isla en isla (por Puerto Rico y St. John) para determinar si la disponibilidad de las presas determina la distribución y densidad de las aves migratorias en distintas partes de las Indias Occidentales.

## PRESENTACIÓN CIENTÍFICA

Una exposición en carteles de este proyecto fue presentada en la Conferencia Ornitológica Conjunta llevada a cabo en Missoula, Montana, en Junio de 1994. (Ver figuras, versión inglés).

# OTRAS ACTIVIDADES

*Carlos M. Domínguez Cristóbal*
*Técnico de Biología*

Durante el período que abarca del primero de octubre de 1993 al 30 de septiembre de 1994, ocurrieron unos cambios muy significativos en mis tareas como Técnico de Biología. Tal situación fue provocada por los cambios inherentes en las funciones del Instituto de Dasonomía Tropical a Instituto Internacional de Dasonomía Tropical.

El período antes descrito fue uno de gran exposición para con el sistema educativo del país así como del sistema universitario. Dentro de esa perspectiva se ofrecieron charlas o ponencias de naturaleza histórico forestal o relativas a la importancia de los bosques de Puerto Rico en las siguientes instituciones:

Colegio Universitario del Este, Recinto de Carolina
Pontificia Universidad Católica de Puerto Rico, Recinto de Mayagüez
Universidad Interamericana de Puerto Rico, Recinto Metropolitano
Universidad de Puerto Rico, Recinto de Río Piedras
Escuela Superior Vocacional de Barranquitas
Escuela Superior Dr. Pedro Albizu Campos, Levittown, Puerto Rico.

Las actividades o relaciones con la comunidad estuvieron representadas a través de la inherencia de varias municipalidades: Gurabo (Liga Atlética de la Policía de Puerto Rico), Arecibo (Oficina de Asuntos Culturales y Relaciones con la Comunidad) y Loíza (Vistas Públicas sobre varios proyectos relacionados al desarrollo e impacto ambiental del área de Vacía Talega-Piñones).

La participación en actividades conducentes a la discusión del tema de los asuntos forestales de Puerto Rico se hizo presente con varias agencias gubernamentales estatales y federales: "Food and Drug Administration" (San Juan de Puerto Rico), el Departamento de Agricultura (Museo de Agricultura) y el Departamento de Recursos Naturales y Ambientales (División Forestal). Por otro lado intervenimos en la discusión de tres proyectos legislativos: Cámara de Representantes (Proyectos 818 y 883) así como el Proyecto 176 del Senado de Puerto Rico.

Los trabajos cooperativos de mayor inherencia en Puerto Rico se circunscribieron al Fideicomiso de Conservación de Puerto Rico (con el desarrollo de la primera fase de un estudio histórico sobre la tenencia y uso de la tierra en el Cañón de San Cristóbal) y con el Departamento de Recursos Naturales y Ambientales (Evaluación de las fuentes para la realización de una investigación histórica del Bosque de Piñones). La inherencia investigativa de naturaleza histórico forestal para con universidades o instituciones educativas en los Estados Unidos de América se efectuó a través de la Universidad de Princeton y el Centro de Estudios Puertorriqueños del Hunter College en Nueva York.

Entre las actividades de naturaleza internacional se destacaron las relaciones con los siguientes países: España (Archivo Histórico Nacional de Madrid) y la participación en la investigación para la realización del libro *"Árboles Nacionales del Caribe y Latinoamérica"* que auspició CATIE, Costa Rica. Dentro de esta perspectiva el Ministerio de Cultura de España renovó mis credenciales como Investigador Histórico Nacional otorgándome una tarjeta de Investigación Nacional que faculta a su poseedor a realizar estudios en cualquier archivo o biblioteca en territorio español que estuviere adscrito al Ministerio de Cultura.

Internamente se laboró entre otras cosas en la continuación de un proyecto de gran envergadura y significado (el libro *Panorama histórico forestal de Puerto Rico*) y el desarrollo de una investigación histórica, heráldica y forestal con los escudos de todos los municipios de Puerto Rico.

1993-94
Annual Letter
PUBLICATIONS
International Institute of Tropical Forestry
USDA Forest Service
Call Box 25000
Río Piedras, PR 00928-5000

To obtain copies of publications indicated as available for distribution, please return this request form to the address above with your circled publications.

Para obtener copias de las publicaciones indicadas como disponibles para distribución, favor de circular el número deseado y devolver esta forma a la dirección arriba indicada.

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 001 | 013 | 025 | 037 | 049 | 061 | 073 | 085 | 097 | 109 | 121 | 133 |
| 002 | 014 | 026 | 038 | 050 | 062 | 074 | 086 | 098 | 110 | 122 | 134 |
| 003 | 015 | 027 | 039 | 051 | 063 | 075 | 087 | 099 | 111 | 123 | |
| 004 | 016 | 028 | 040 | 052 | 064 | 076 | 088 | 100 | 112 | 124 | |
| 005 | 017 | 029 | 041 | 053 | 065 | 077 | 089 | 101 | 113 | 125 | |
| 006 | 018 | 030 | 042 | 054 | 066 | 078 | 090 | 102 | 114 | 126 | |
| 007 | 019 | 031 | 043 | 055 | 067 | 079 | 091 | 103 | 115 | 127 | |
| 008 | 020 | 032 | 044 | 056 | 068 | 080 | 092 | 104 | 116 | 128 | |
| 009 | 021 | 033 | 045 | 057 | 069 | 081 | 093 | 105 | 117 | 129 | |
| 010 | 022 | 034 | 046 | 058 | 070 | 082 | 094 | 106 | 118 | 130 | |
| 011 | 023 | 035 | 047 | 059 | 071 | 083 | 095 | 107 | 119 | 131 | |
| 012 | 024 | 036 | 048 | 060 | 072 | 084 | 096 | 108 | 120 | 132 | |

Our regulations require that our mailing list be updated annually. IF ANY CORRECTION OF YOUR ADDRESS IS NECESSARY, PLEASE INDICATED BOTH YOUR CURRENT AND PREVIOUS ADDRESS AS OUR ADDRESSES ARE FILED BY GEOGRAPHICAL LOCATION.

Nuestros reglamentos requiren que la lista de distribución sea revisada anualmente. DE SER NECESARIO CORREGIR SU DIRECCION, FAVOR DE INDICARNOS TANTO SU DIRECCION ACTUAL COMO LA ANTERIOR DEBIDO A QUE NUESTRAS DIRECCIONES SON ARCHIVADAS POR LOCALIZACION GEOGRAFICA.

*IF YOU ARE NOT NOW ON OUR MAILING LIST BUT WISH TO BE PLACED ON IT, WRITE YOUR ADDRESS BELOW AND CIRCLE "NEW".

*SI ACTUALMENTE NO SE ENCUENTRA EN NUESTRA LISTA DE DISTRIBUCION PERO DESEA ESTARLO, ESCRIBA SU DIRECCION Y CIRCULE "NEW".

_____

New or Current Address

_____
_____
_____

Previous Address

_____
_____
_____